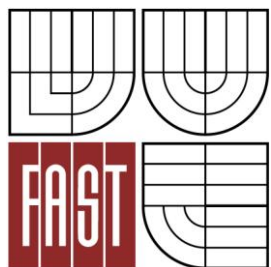




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VYUŽITÍ ŠEDÉ A DEŠŤOVÉ VODY PRO OBČANSKOU VYBAVENOST

THE USE OF GREYWATER AND RAINWATER FOR PUBLIC FACILITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

IVO KORYTÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2014



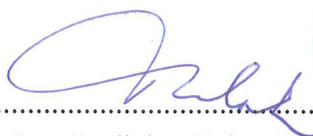
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodního hospodářství obcí |

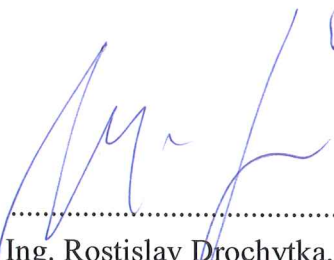
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|---|--|
| Student | Ivo Korytář |
| Název | Využití šedé a dešťové vody pro občanskou vybavenost |
| Vedoucí bakalářské práce | doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. |
| Datum zadání bakalářské práce | 30. 11. 2013 |
| Datum odevzdání bakalářské práce | 30. 5. 2014 |

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] RACLAVSKÝ, J.; HLUŠTÍK, P.; BIELA, R.; RAČEK, J.; BARTONÍK, A. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. Vodní hospodářství, 2012, roč. 62., č. 2, s. 65-68. ISSN: 1211- 0760.
- [2] RACLAVSKÝ, J.; BIELA, R.; VRÁNA, J.; HLUŠTÍK, P.; RAČEK, J.; BARTONÍK, A. Greywater and rainwater management in buildings. In Buildings and environment 2012. 1. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2012. s. 269-272. ISBN: 978-80-214-4505- 5.
- [3] UK. British Standard BS 8515:2009: Rainwater harvesting systems – Code of practice. BSI British Standards. 2009, 46 p.
- [4] REE-HO, K; SANGHO, L.; JINWOO, J.; JUNG-HUN, L.; YEONG-KWAN, K. Reuse of greywater and rainwater using fiber filter media and metal membrane, in: Proceedings of the conference „Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability”. 2005, Jeju, Korea.
- [5] MAUNSELL, Faber. Greywater Recycling & Rainwater Harvesting Feasibility Study Sustainable Eastside. In: SUSTAINABLE EASTSIDE. 2004 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.sustainable-eastside.net>.
- [6] Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation (fbr). FBR - Information Sheet H 201. Greywater Recycling. Planning fundamentals and operation information. In: FBR. 2005 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.fbr.de>.
- [7] Další podklady dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

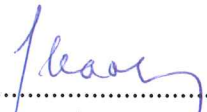
Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Předmětem bakalářské práce bude zpracování případové studie využití šedých a dešťových vod pro vybranou občanskou vybavenost (hotel, obchody, nemocnice apod.). Součástí bakalářské práce bude rešerše z oblasti problematiky kvality srážkových vod. Požadované výstupy: dle pokynů vedoucího BP.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT:

V této práci řeším aktuální téma využití šedé a dešťové vody v občanské vybavenosti. Hlavními cíli práce jsou možnosti využití těchto vod a rozebrání problematiky kvality dešťových vod.

V práci také rozebírám již aplikovaný systém využití šedých vod a to konkrétně na hotelu MOSAIC HOUSE v Praze, který jako vůbec první v naší republice použil tento systém a jako druhý na světě využívá teplo z šedých vod.

V závěru své bakalářské práce jsem si zvolil jeden objekt občanské vybavenosti, konkrétně pension U Černého psa v Českém Krumlově. Pro tento objekt jsem navrhl čistírnu šedých vod od firmy ASIO s.r.o., zasakovací objekt pro dešťové vody od stejné firmy a zpracoval ekonomickou rozvahu návratnosti.

ABSTRACT:

This paper analyzes the usage of grey and rain water in civic amenities. Its main goal is to assess the advantages and disadvantages of the grey and rain water and to dissect the problematic of rain water quality.

In order to reach its goal, the current paper will analyze the already applied system of using grey water, specifically in the case of MOSAIC HOUSE in Prague, which was the first in the Czech Republic and second in the world to use grey water for heat purposes.

In conclusion, this Bachelor's paper presents one object of civic amenities, specifically the guesthouse U Černého psa in Cesky Krumlov, with the proposal of grey water purifier by ASIO s.r.o. and grey water seepage object from the same company together with a projected balance sheet.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Šedá voda, provozní (bíla) voda, srážková voda, srážková povrchová voda, ČOV, dvojí rozvody, rekuperace, aerosol

KEY WORDS:

Grey water, plain (white) water, rain water, rain surface water, sewage disposal plant, double distribution, recuperation, aerosol

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Ivo Korytář *Využití šedé a dešťové vody pro občanskou vybavenost*. Brno, 2014. 59 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23.5.2014

.....
podpis autora

Ivo Korytář

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce p. doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za věcné rady a poskytnuté materiály, dále panu Martinu Škvorovi za exkurzi v hotelu MOSAIC HOUSE v Praze a informace o používaném systému PONTOS AQUACYCLE a panu Miroslavu Pojslovi, majiteli pensionu U Černého psa, za podklady a informace o jeho pensionu.

OBSAH

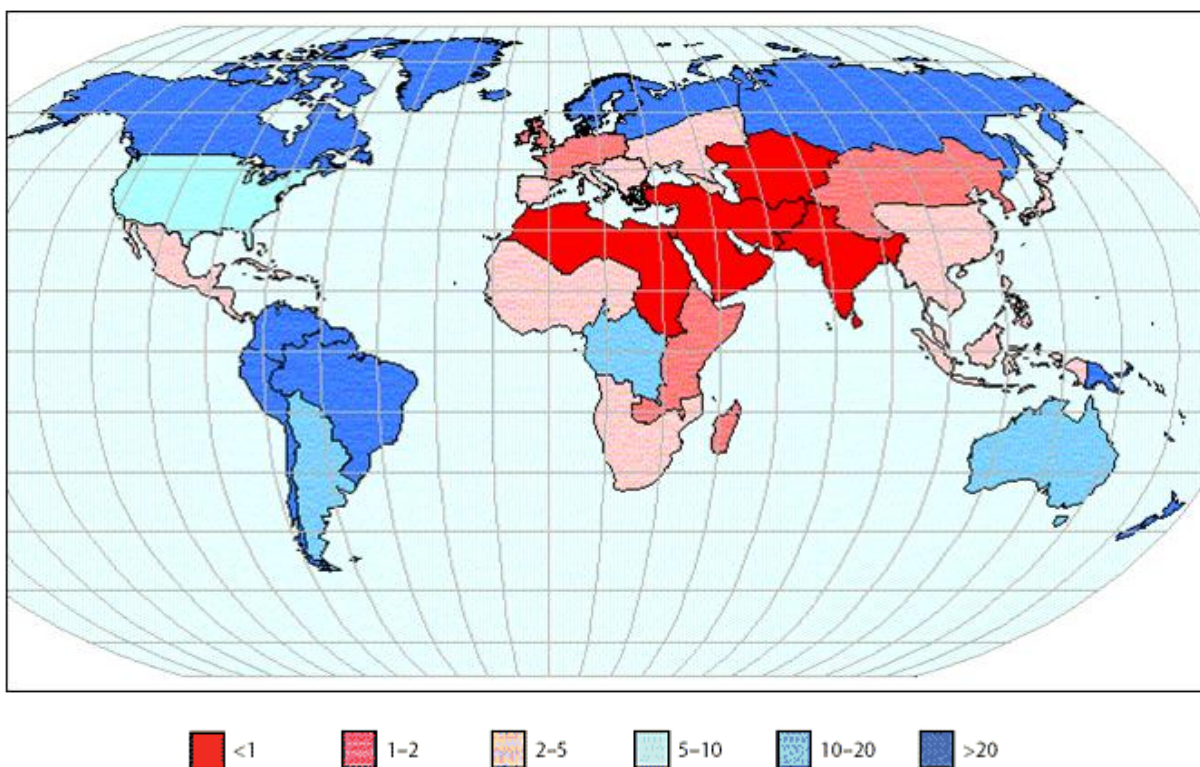
| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD..... | 10 |
| 2 | DĚLENÍ ODPADNÍCH A SRÁŽKOVÝCH VOD..... | 12 |
| 2.1 | Splaškové odpadní vody..... | 12 |
| 2.2 | Černá voda..... | 12 |
| 2.3 | Šedá voda | 12 |
| 2.4 | Srážkové vody..... | 12 |
| 2.5 | Srážkové povrchové vody | 12 |
| 2.6 | Povrchové vody..... | 12 |
| 2.7 | Provozní voda | 12 |
| 2.8 | Bílá voda..... | 13 |
| 2.9 | Užitková voda | 13 |
| 3 | KVALITA SRÁŽKOVÝCH VOD..... | 14 |
| 3.1 | Znečištění z atmosféry..... | 14 |
| 3.2 | Znečištění vzniklé při kontaktu srážkové vody a různých materiálů | 15 |
| 3.3 | Hygienické aspekty využití srážkových vod | 15 |
| 3.3.1 | Výsledky a hodnocení | 16 |
| 3.3.2 | Závěr | 18 |
| 4 | VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD..... | 19 |
| 4.1 | Splachování toalet | 20 |
| 4.2 | Zavlažování zahrady | 21 |
| 4.3 | Úklid | 22 |
| 4.4 | Využití tepla z šedých vod..... | 22 |
| 4.4.1 | Způsoby přenosu tepelné energie z šedé vody | 23 |
| 4.4.2 | Dělení dle místa přenosu tepelné energie | 23 |
| 5 | ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH A SRÁŽKOVÝCH POVRCHOVÝCH VOD . | 27 |
| 5.1 | Čištění šedých vod | 28 |
| 5.1.1 | Obecně | 28 |
| 5.1.2 | Mechanická úprava | 28 |
| 5.1.3 | Chemická úprava..... | 28 |
| 5.1.4 | Fyzikální úprava..... | 29 |
| 5.1.5 | Biologická úprava | 30 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.1.6 | Dezinfekce bílé vody..... | 32 |
| 5.1.7 | Požadavky na akumulaci šedých a bílých vod | 33 |
| 5.2 | Předčištění srážkových povrchových vod..... | 33 |
| 5.2.1 | Obecně | 33 |
| 5.2.2 | Umístění mechanického předčištění..... | 34 |
| 5.2.3 | Požadavky na akumulaci srážkových povrchových vod | 34 |
| 6 | VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD V PRAXI: HOTEL MOSAIC HOUSE | 35 |
| 6.1 | Úspora energie v hotelu | 36 |
| 6.2 | Systém využití šedé vody..... | 36 |
| 6.2.1 | Úspora vody | 39 |
| 6.2.2 | Úspora energie | 39 |
| 7 | NÁVRH SYSTÉMU PRO PENSION U ČERNÉHO PSA | 41 |
| 7.1 | Součtová metoda stanovení průměrné denní produkce šedé vody..... | 41 |
| 7.2 | Stanovení maximální denní produkce šedé vody | 42 |
| 7.3 | Stanovení průměrného ročního nátok srážkové vody | 43 |
| 7.4 | Stanovení potřeby provozní vody..... | 44 |
| 7.5 | Zjednodušené posouzení využití šedé a/nebo srážkové vody | 46 |
| 7.6 | Ekonomická rozvaha..... | 48 |
| 7.7 | Závěr..... | 48 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 49 |
| 9 | POUŽITÁ LITERATURA | 50 |
| 10 | SEZNAM TABULEK..... | 52 |
| 11 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 53 |
| 12 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 54 |
| 13 | SEZNAM PŘÍLOH | 55 |
| 14 | SUMMARY | 56 |
| 15 | PŘÍLOHOVÁ ČÁST | 57 |

1 ÚVOD

Voda, životadárná tekutina, je jednou z nejdůležitějších podmínek života na naší planetě Zemi. To si uvědomovali již naši předkové. Usazovali se podél vodních toků, které jim poskytovaly obživu, možnost dopravy a snadné navigace.

V dnešní době nám přijde zcela normální a samozřejmé zalévat trávník nebo splachovat toaletu pitnou vodou, ale je možné takto hospodařit donekonečna? Podle některých prognóz v blízké budoucnosti začne voda ubývat i nám obr. 1.1. Proto bychom se měli vážně zamýšlet nad tím, jestli je nutné „plýtvat“ pitnou vodou na splachování toalet nebo zalévání trávníků. A naopak, vodu nám zadarmo poskytnutou a dokonce i doručenou, vodu dešťovou, odvádět do kanalizace. Nebylo by dobré pro vhodné účely a na vhodných objektech, tj. tam, kde za nejmenší náklady dosáhneme největšího efektu, využívat vody dešťové a šedé (viz 2.3) namísto vody pitné.



Obrázek 1.1: Prognóza dostupnosti vody[m³] v roce 2025 [zdroj: Hlavinek, P.].

Hlavním cílem této práce je posouzení výhod a nevýhod využití šedé a dešťové vody, především pro občanskou vybavenost. Rozebrání problematiky kvality srážkových vod a navrhnutí a posouzení ekonomické návratnosti pro vytypovaný objekt občanské vybavenosti.

Co si pod pojmem „občanská vybavenost“ představit a k čemu slouží lze definovat takto:

Občanské vybavení jsou stavby, zařízení a pozemky sloužící například pro vzdělávání a výchovu, zdravotní a sociální služby, péči o rodiny, kulturu, veřejnou správu, ochranu obyvatelstva [§ 2 odst. 1 písm. k) bod 3 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)]. Stavební zákon řadí uvedené příklady občanského vybavení k veřejné infrastruktuře. [5]

Občanské vybavení je jednou ze základních funkčních složek sídel (vedle bydlení, výroby, rekreace, dopravy a technického vybavení).

Občanská vybavenost je pojem hovořící o existenci, počtu, kapacitě a rozmístění jednotlivých zařízení občanského vybavení v území. Popisuje standard životní úrovně obyvatel v hodnoceném území.

Provozní a prostorová rozmanitost občanského vybavení umožňují jeho členění z několika hledisek, například podle:

- charakteru používání;
- náročnosti na pozemky;
- polohy na území obce;
- časového vymezení provozu;
- druhu činností.

Pro potřeby územního plánování nejlépe charakterizuje rozdílnost zařízení občanského vybavení členění podle druhů činností, ze kterého pak vyplývají nároky na velikost ploch a pozemků. Podle druhů činností jsou občanská zařízení členěna na obory zařízení, tj. zařízení:

- školství a výchovy;
- kultury;
- tělovýchovy a sportu;
- zdravotnictví;
- maloobchodu;
- ubytování;
- správy a administrativy;
- církví;
- vědy a výzkumu;
- pro ochranu obyvatelstva.

2 DĚLENÍ ODPADNÍCH A SRÁŽKOVÝCH VOD

2.1 SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY

odpadní vody z kuchyní, prádelen, koupelen, záchodů a podobných prostorů [1]

2.2 ČERNÁ VODA

splaškové odpadní vody obsahující fekálie a moč

2.3 ŠEDÁ VODA

splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč

POZNÁMKA Šedá voda z kuchyní neobsahuje fekálie a moč; šedá voda z koupelen může obsahovat fekálie a moč.

2.4 SRÁŽKOVÉ VODY

Jsou definovány normou ČSN EN 1085 jako „vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu“, laicky řečeno se jedná o vodu ve všech skupenstvích, dokud nedopadne na zemský povrch nebo na povrch budovy.

Dle "Vodního zákona" č. 254/2001 Sb. vyplývá, že srážkové vody se po dopadu na zemský povrch stávají vodami povrchovými a po jejich zásaku do půdního profilu vodami podzemními.

2.5 SRÁŽKOVÉ POVRCHOVÉ VODY

srážkové vody, které se nevsákly do podloží, a jsou odváděny z povrchu terénu nebo budov do odvodňovacího systému

2.6 POVRCHOVÉ VODY

Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.

2.7 PROVOZNÍ VODA

voda pro různé provozní účely, jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití, např. dešťová nebo bílá voda, kterou je zásobováno potrubí oddílného vnitřního vodovodu; provozní voda není dodávána z vodovodů pro veřejnou potřebu

POZNÁMKA Provozní voda nemusí mít jakost pitné vody.

2.8 BÍLÁ VODA

provozní voda, která vznikne čištěním a dezinfekcí šedé vody

POZNÁMKA Bílá voda nemusí mít jakost pitné vody.

2.9 UŽITKOVÁ VODA

voda, která vyhovuje zdravotním požadavkům orgánů hygienické služby a technologickým požadavkům podle způsobu jejího využívání; s touto vodou člověk může přicházet do styku, ale nesmí ji používat k pití a pro přípravu potravin (viz ČSN 75 0150); užitková voda není dodávána z vodovodů pro veřejnou potřebu

POZNÁMKA Užitková voda je voda, která nemá podle příslušných předpisů jakost pitné vody.

3 KVALITA SRÁŽKOVÝCH VOD

Srážkové vody vznikají odpařováním vody, z čehož by se dalo usuzovat, že se jedná prakticky o destilovanou vodu, tudíž naprosto čistou. Opak je ale pravdou. V atmosféře je velké množství chemických látek a prachu tab. 6.1. Tyto látky ovlivňují kvalitu srážkových vod a mohou způsobovat kyselost srážkové vody. [16]

Původ znečištění:

rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosféře;

- nahromaděné znečištění z bezdeštného období;
- znečištění vzniklé při kontaktu srážkové vody s materiály na povrchu území.

Velikost znečištění je také ovlivněná délkou bezdeštného období, během kterého se usazují nečistoty např. pyl, saze a další. Z tohoto důvodu je vhodné první splach (1-3 mm deště) oddělit a tím snížit látkové zatížení.

3.1 ZNEČIŠTĚNÍ Z ATMOSFÉRY

Během deště dochází k vymývání látkového znečištění ve vzduchu a tím k čištění atmosféry. Kvalita srážkové vody je tedy ovlivněna povrchem a místem, kde srážky dopadají. Nicméně např. kouřové zplodiny se dostávají do vyšších vrstev atmosféry a vítr je může zanést poměrně daleko od místa znečištění.

V dnešní době mnohem více ovlivňují kvalitu dešťů antropogenní procesy¹, ze kterých pocházejí kyseliny a kyselinové látky (kyselina sírová, dusičná a chlorovodíková). Tyto látky převládají nad zásaditými, pocházejícími z přirozeného prostředí (uhličitán vápenatý a hořečnatý, amoniakální dusík). Hlavním zdrojem kyselin jsou látky, které vznikly spalováním fosilních paliv, kde se uvolňují sloučeniny dusíku a síry (zejména SO₂ a H₂S, N₂O, NO, NO₂).

Zdrojem zásaditých látek je především zemědělství (amonné ionty v hnojivech).

Tabulka 3.1: Chemické složení srážkové vody v ČR (Kostěnice 2004) [16]

| | Ca | Mg | Na | K | NH ₄ ⁺ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | Fe | Mn | Pb | Zn | F |
|------|------|------|------|------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| mg/l | 0,37 | 0,06 | 0,25 | 0,19 | 0,9 | 1,7 | 0,31 | 2,4 | 0,017 | 0,007 | 0,002 | 0,007 | 0,012 |

¹ Spalování fosilních paliv, těžbě surovin atd.

3.2 ZNEČIŠTĚNÍ VZNIKLÉ PŘI KONTAKTU SRÁŽKOVÉ VODY A RŮZNÝCH MATERIÁLŮ

Kvalitu vody do značné míry ovlivňuje i materiál, se kterým přijde do styku. Ať už se jedná o střešní krytiny, odpadní trouby, filtry atd.

Opotřebováním stavebních částí budov se uvolňují částice, jež tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku. Rozsah znečištění závisí na stavu staveb a použitém materiálu.

Pokud plánujeme využívat dešťové vody, je vhodné se zamyslet nad volbou střešní krytiny, materiálem svodů a použitými filtry. Voda má totiž abrazivní účinky, a pokud jsou použity nevhodné materiály (eternit, lepenka), může dojít ke kontaminaci vody.

Dešťový odtok, který obsahuje pesticidy, nebo nátery s obsahem pesticidů, musí být zaústěn do kanalizace s odtokem na ČOV.

3.3 HYGIENICKÉ ASPEKTY VYUŽITÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

V Německu se začali zabývat využitím srážkových vod v roce 1980. Stejně jako u nás byly z počátku námitky k jejímu používání především ze strany vodáren a komerčních subjektů.

Otázkou problematiky hygienických aspektů využití srážkových vod se začal zabývat Dr. Reinhard Holländer, který prováděl měření na 126 cisternách po dobu více než 10 let a zkoumal především bakteriologii. Měření probíhalo v různých typech nádrží, 76 jich bylo z plastu, 22 z betonových prefabrikátů, 16 ve zděných nádržích, 8 v bývalých tříkomorových systémech a 4 v olejových nádržích. Olejové nádrže, stejně jako plastové nádrže, se nacházely ve sklepech obytných budov. Ostatní nádrže byly uloženy v zemi. Ve všech nádržích s výjimkou 6-ti byly použity různé druhy filtrů, např.: okapový filtr, košíčkový filtr, vírový filtr a filtr drobných částic. Velikost otvorů ve filtrech byla od 0,18 do 0,4 mm. Testované vzorky byly odebírány z odběrných kohoutů nebo ze zahradního zavlažování při teplotách vody okolo 4°C a okamžitě byly testovány. Četnost zkoušek byla přibližně jednou za půl roku. Výsledky měření viz tab. 6.2 a 6.3. [15]

Tabulka 3.2: Koncentrace bakterií na 1 ml zkoušené vody [15]

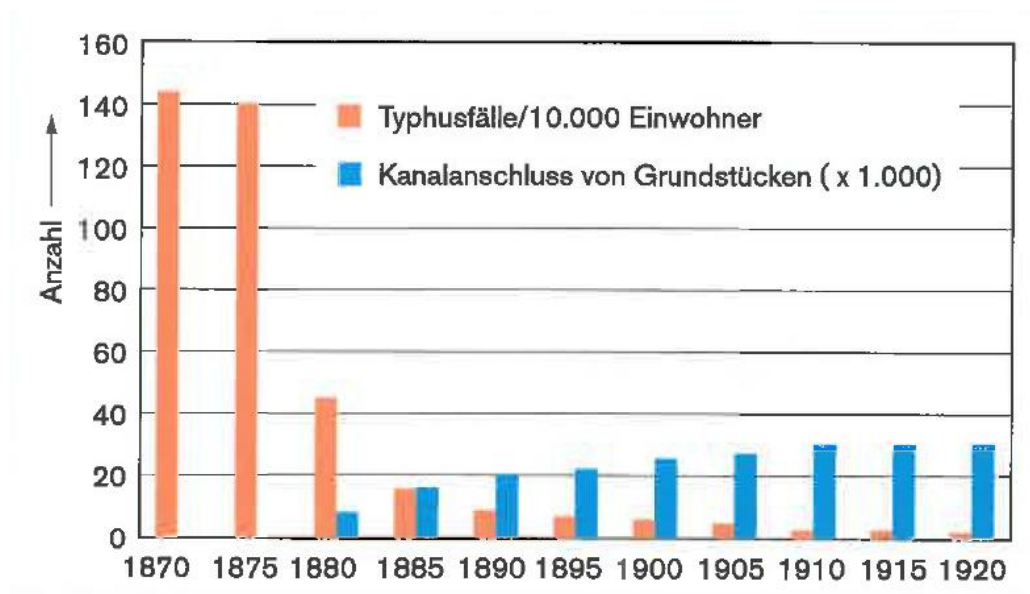
| Inkubační teplota | Počet cisteren | Počet zkoušek | Koncentrace bakterií v 1 ml [% všech zkoušek] | | | |
|----------------------|----------------|---------------|--|---------|-----------|--------|
| | | | ≤99 | 100-999 | 1000-9999 | ≥10000 |
| 20°C | 126 | 2 724 | 12,9 | 42,1 | 33,6 | 11,4 |
| 37°C | 126 | 2724 | 34,9 | 34,3 | 22,1 | 8,7 |

Tabulka 3.3: Koncentrace bakterií ve 100 ml zkoušené vody [15]

| | | | Koncentrace bakterií v 100 ml [% všech zkoušek] | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|--|---------|-----------|--------|
| | | | ≤99 | 100-999 | 1000-9999 | ≥10000 |
| Escherichia coli | Počet cisteren 126 | Počet zkoušek 2718 | 87,3 | 7,4 | 4,1 | 1,2 |
| Koliformní bakterie | 126 | 2718 | 59,6 | 23,1 | 15,6 | 1,7 |
| Fekální streptokok | 126 | 2718 | 72,3 | 20,1 | 6,5 | 1,1 |

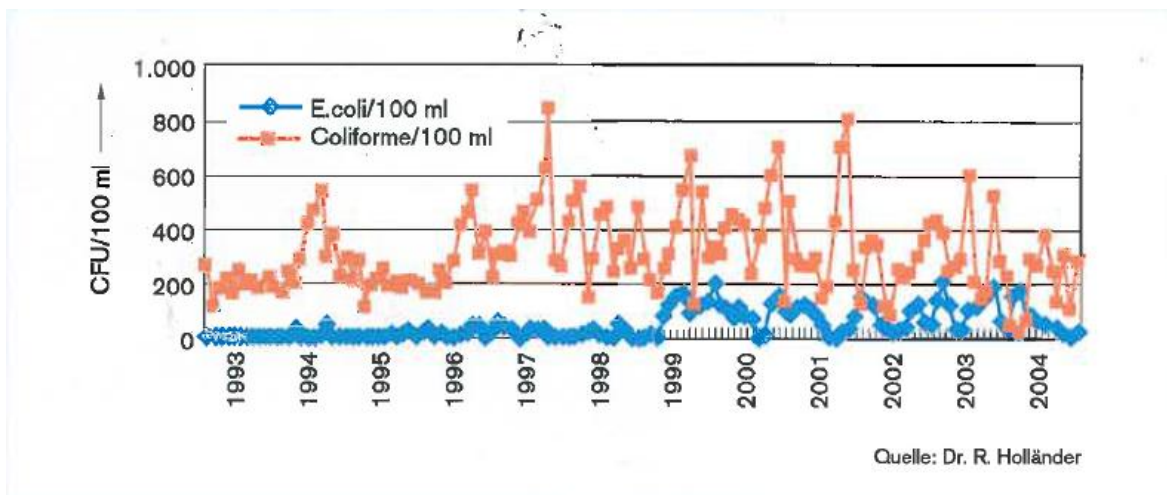
3.3.1 Výsledky a hodnocení

Do 20. století byla špatná kvalita vody důvodem většiny infekčních onemocnění, např.: cholera, úplavice, tyfus. To se zlepšilo ve 20. století díky objevu Roberta Kocha, který ztotožnil tyto nákazy s tehdy běžnou praxí vylévat splaškovou vodu na ulici. Po tomto objevu společnost reagovala výstavbou kanalizací. V následujícím obrázku 6.1 můžeme vidět vztah mezi výstavbou kanalizace a počtem nakažených. V mnoha zemích jsou však tyto problémy dodnes.

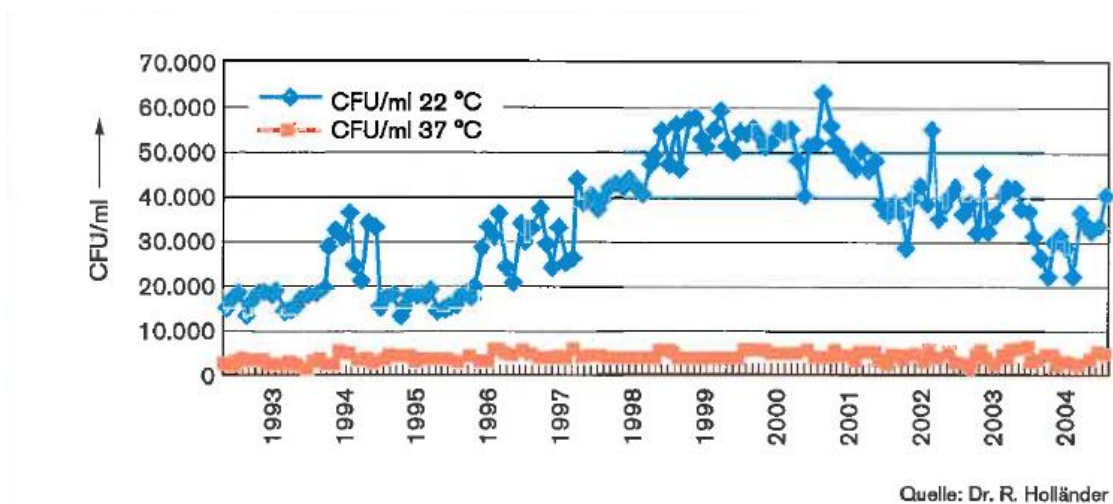


Obrázek 3.1: Tyfus a kanalizace v Berlíně [15]. Na svislé ose je znázorněné množství nákaz tyfusem a výstavba kanalizace v km a na vodorovné ose jsou roky.

V následujícím obrázku 6.2 a 6.3 můžeme vidět výsledky měření bakterií E.coli a Koliformních bakterií ve vodě z daných cisteren od roku 1993 do 2004. A v tabulce 6.4 detekci patogenů ve vodě ze splachovacích nádržek.



Obrázek 3.2: E.coli a Koliformní bakterie v nádržích 1993-2004 [15]. CFU je počet životaschopných bakterií.



Obrázek 3.3: Obsah bakterií v nádržích 1993-2004 [15].

Tabulka 3.4: Detekce patogenů ve vodě splachovací nádržky [15]

| Patogen | Počet vyšetřených cisteren | Počet vzorků | % pozitivních vzorků |
|-------------------------------|----------------------------|--------------|----------------------|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 119 | 1801 | 11,3 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 92 | 962 | 0 |
| <i>Salmonella spec.</i> | 116 | 1722 | 0,06* |
| <i>Shigella spec.</i> | 62 | 602 | 0 |
| <i>Campylobacter spec.</i> | 65 | 362 | 0 |
| <i>Legionella spec.</i> | 58 | 507 | 0,2* |
| Kvasinky | 50 | 527 | 0 |
| Cryptosporidien | 32 | 216 | 0 |

* jediný pozitivní důkaz (31.12.2003)

3.3.2 Závěr

Po 15-20 letech měření Dr. Reinhard Holländer nenašel žádné zásadní důkazy svědčící o nehygieničnosti dešťových vod. Takže můžeme s jistotou říci, že přes všechn odpor zdravotních úřadů se obavy z nehygieničnosti nepotvrdily. Vědecké výzkumy potvrdily nezávadnost dešťových vod a jejich využívání je zahrnuto v německé normě DIN 1989 (2002), která popisuje nezávadnost dešťových vod.

4 VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD

Provozní vodu můžeme využívat tam, kde není potřeba využívat pitnou vodu. Získáváme ji čistěním šedé nebo srážkové povrchové vody.

Způsoby naložení s dešťovými vodami máme zhruba tři. Nejhorší, nejjednodušší, ale u nás bohužel nejpoužívanější, je odvedení dešťových vod do kanalizace ať už naráz nebo redukovane. Tyto vody jsou v kanalizaci silně znečištěné, a to kvůli splachu silnic a chodníků a veškerého znečištění na nich. Pokud se ale budeme bavit o dešťových vodách svedených ze střech, pak je znečištění mírné a dochází pouze ke zředění splaškové vody, což je negativní jev, kvůli zvýšené zátěži na čističku odpadních vod. Druhý způsob odvádění dešťových vod je zasakování, například pomocí zasakovacích jímek, retenčních rýh, trubního vsakování, vsakovacích bloků, atd. Tento způsob má tu výhodu, že nezředuje odpadní vody a navíc doplňuje vody podzemní. A třetí moderní způsob řešení nakládání s dešťovými vodami spočívá v jejich využívání.

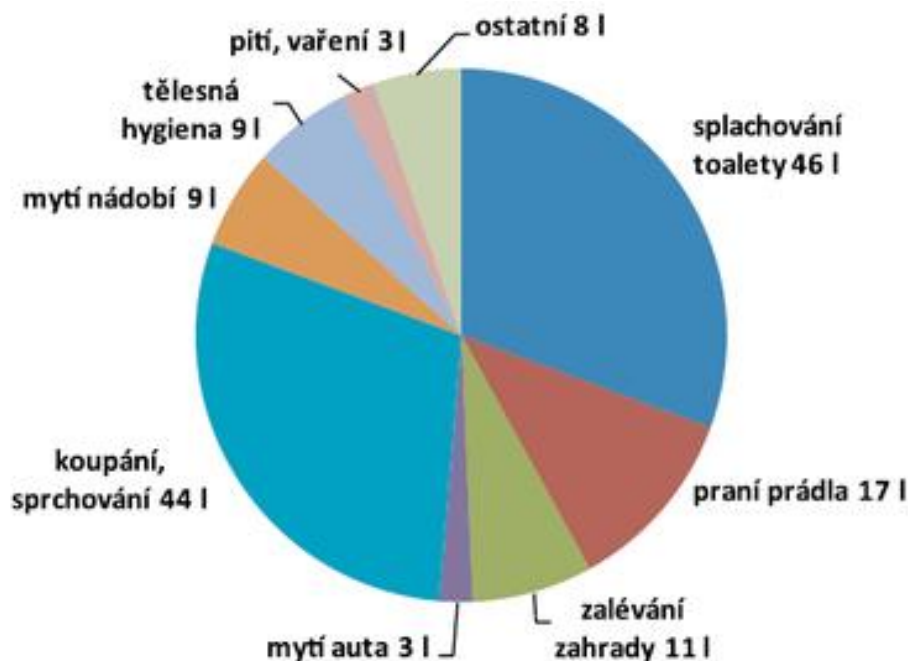
Využívání dešťové vody by se dalo rozdělit do dvou kategorií:

- jímání vody pro zahradní účely;
- jímání vody pro kombinované použití.

Jímání vody pro zahradní účely známe všichni od zahrádkářů, kteří jímají vodu do sudů a různých dalších nádrží. Tyto nádrže mají umístěné nad terénem a z těch buď nabírají vodu do konve, nebo s ní zalévají gravitačně pomocí hadice. Nevýhodou tohoto způsobu je, že nádoba, umístěná na povrchu, je vystavena slunečnímu záření, a tudíž i vyšším teplotám, což napomáhá růstu řas a různých mikroorganismů.

Druhá metoda je sofistikovanější, ale samozřejmě i nákladnější na pořízení a provoz. Spočívá v umístění nádrže na dešťovou vodu pod terén, nebo do sklepa budovy, tedy do prostředí, kde je nižší teplota a mikroorganizmy nemají dostatek světla k růstu. V tomto způsobu využití vody je také potřeba oddělit možné hrubé nečistoty z dešťové vody. Jedná se především o listí z nedalekých stromů. To se provádí například pomocí košíčkových filtrů různých tvarů a způsobů zachytávání nečistot.

Druhým zdrojem provozních vod jsou šedé vody. Jedním z důvodů, proč opětovně využívat šedou vodu, je vyváženost mezi produkcí šedé vody a její potenciální spotřebou. Tento poměr znázorňuje obr. 3.1, kde na levé straně jsou zdroje šedé vody a na pravé straně možnosti jejího využití. V případě vyšší potřeby vody je možné šedé vody kombinovat s vodami dešťovými, případně s vodami z kuchyně, které se však na opětovné využití příliš nedoporučují z důvodu vyšší náročnosti na čištění, kde hlavním problémem jsou pevné zbytky jídla a mycí a lešticí prostředky z myček nádobí. [3], [4], [6],[14]



Obrázek 4.1: Průměrná spotřeba vody v domácnosti [4].

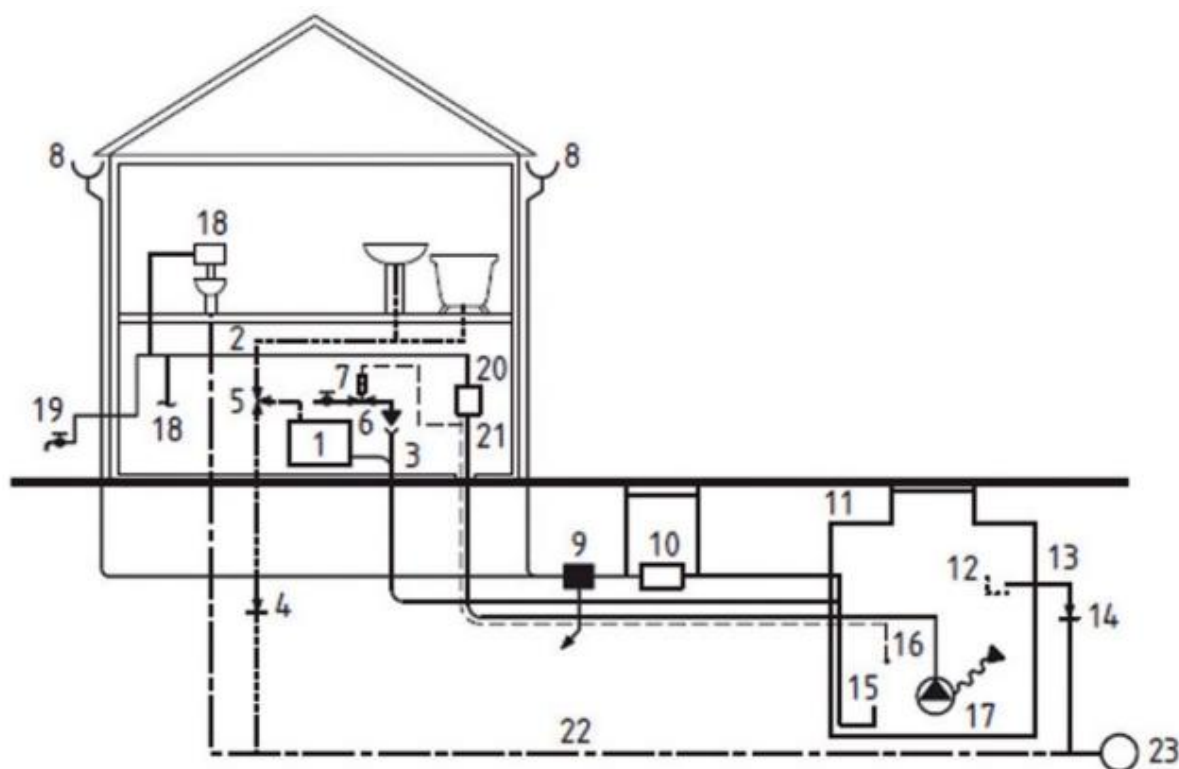
Možnosti využití šedých a dešťových vod:

- splachování toalet;
- zavlažování zahrady;
- praní;
- úklid;
- využití tepla z šedých vod;
- náplně chladicích systémů;
- požární voda;
- prestiž budov z hlediska jejího vlivu na životní prostředí;
- okrasné rybníčky a jezírka.

4.1 SPLACHOVÁNÍ TOALET

Podle obr. 3.1 až 30% denní spotřeby vody využijeme pro spláchnutí toalety. Jedná se o vodu, která má parametry pitné vody. Na její úpravu byly vynaloženy určité náklady a my bychom ji mohli vypít. Místo toho s ní pouze spláchneme toaletu. Snaha o snížení objemu takto využitě vody byla vždy, ať už se jednalo o PET lahev umístěnou ve splachovací nádrži, čímž došlo ke snížení efektivního objemu, nebo opětovné využití již použité vody například po koupeli, anebo jímáním vody z kapajícího boileru. Využití šedé a dešťové

vody, jak se prezentuje dnes, je jen sofistikovanější způsob řešení. Nevýhodou tohoto způsobu je potřeba dvojích rozvodů vody, a to jak čisté vody, tak i odpadní vody. Proto je tento způsob nejvýhodnější v novostavbách, kde se s dvojitým rozvodem od začátku počítá, anebo při rozsáhle rekonstrukci objektu. Poslední věc, kterou by někdo mohl považovat za nevýhodnou, je obsah malého množství bakterií, které jsou v této vodě obsaženy. Mohl by argumentovat tím, že k čemu používá různé dezinfekční prostředky, když to potom spláchne „špinavou“ vodou. Na to lze jen říct, že 100% čistá voda je pouze destilovaná.



Obrázek 4.2: Schéma vnitřních rozvodů [7]. 1 – zařízení na čištění vod, 11 – společná akumulace vyčištěných a srážkových vod, 18 – WC a 19 – zdroj užitkové vody na zalévání, případně mytí automobilu apod.

4.2 ZAVLAŽOVÁNÍ ZAHRADY

Jak už bylo zmíněno, zavlažování zahrad a trávníků všichni známe především od zahrádkářů, kteří jímají dešťovku do sudů a různých nádob. Výhodou zalévání zahrady a trávníku šedou nebo dešťovou vodou je především úspora peněz, vydaných za pitnou vodu. Při využití samotné dešťové vody je výhoda ještě v tom, že tyto vody neobsahují chlor a jsou chudé na soli, pokud se ovšem nenacházíme v oblastech výskytu kyselých dešťů. Využívání šedých vod se nedoporučuje pro závlahu kořenové zeleniny. V případě prodeje takto pěstované zeleniny je nutné o tom zákazníka informovat.

4.3 ÚKLID

Tyto vody se dají také využít při úklidu venkovních i vnitřních ploch. Venkovní plochy, jako například chodníky a cestičky, se především v hotelových komplexech každé ráno čistí proudem vody z hadice, aby jejich hosté mohli, především u bazénu, chodit bosí. Pitnou vodu nepotřebujeme ani pro mytí osobních a nákladních aut. Jediné omezení při využití šedých a dešťových vod pro mytí aut je u myček, kde vznikají aerosoly, které můžeme vdechnout, což může mít za následek zdravotní problémy. Zde je příklad tohoto problému.

V roce 2008 byla ve státě Victoria v Austrálii zaznamenána menší epidemie legionářské nemoci (těžký zápal plic způsobený bakterií *Legionella pneumophila*). Lidé ve věku 30 až 55 let se nakazili při mytí auta v myčce, která využívala recyklovanou vodu, a to vdechnutím drobného aerosolu, který se při mytí auta vytváří. Podobná epidemie byla zaznamenána i ve Španělsku v roce 2010, i když zde nebylo udáno, zda myčka vodu recyklovala či nikoliv. [8]

Ve vnitřních prostorech můžeme tyto vody využívat například pro stírání podlahy nebo čištění dalších předmětů, jako jsou poličky nebo okna. Negativní názory, podobné těm s využitím recyklovaných vod pro splachování toalet, bych zde opět neviděl jako problém, neboť dosáhnout toho, aby každý metr čtvereční podlahy byl stírán čistou vodou, by bylo možné pouze tehdy, když by se mop po každém metru pral v čisté vodě, a ne ve stále stejném kbelíku.

4.4 VYUŽITÍ TEPLA Z ŠEDÝCH VOD

Připravovaná norma ČSN 75 6780 Využití vyčištěných šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích zmiňuje i možnost využití tepla z šedých vod a uvádí typy tepelných výměníků.

Odvádění odpadních vod, zejména při využití šedých vod, je vhodné energeticky optimalizovat. Pokud je to ekonomicky výhodné a technicky možné, je vhodné využití tepelné energie z šedých vod. Teplota šedé vody je různá a závislá na mnoha faktorech, jako je návštěvnost zařízení, směnnost provozu, atd. Z tohoto hlediska je třeba individuální posouzení každého objektu. Ekonomická efektivnost bude lepší tam, kde je vyšší produkce odpadních vod i potřeby tepla a kde se vypouští odpadní vody s vyšší teplotou. Recyklace tepla ze šedých vod je jedním ze způsobů, jak snížit energetickou spotřebu objektu, obvykle náklady na přípravu teplé vody, popřípadě na jeho vytápění.

Získávání tepelné energie nesmí omezit nebo ohrozit odvádění odpadních vod kanalizací.

Tento způsob získávání tepla (v letních měsících naopak pro ochlazení) je vhodné kombinovat se získáváním tepla z půdy. Rozvodové hadičky se umísťují do nezámrzné

hloubky, kde je konstantní teplota 3-4°C, která pro moderní tepelná čerpadla stačí. Další možností pro získávání tepla, především na vesnicích, je využití tepla ze septiků.

4.4.1 Způsoby přenosu tepelné energie z šedé vody

Teplo z šedé vody můžeme předat ohřívanému mediu (vodě) následovnými způsoby:

- přímo pomocí výměníku s dvojitou dělicí stěnou (viz ČSN EN 1717);
- prostřednictvím teplonosné látky ve vloženém okruhu.

Přenosu tepelné energie vloženým okruhem se využívá zejména v případech, kde je šedá voda zdrojem tepelné energie zpětně získávané tepelným čerpadlem. Teplonosná látka ve vloženém okruhu může být třídy tekutiny 1, 2, 3 podle ČSN EN 1717 a ČSN 75 5409.

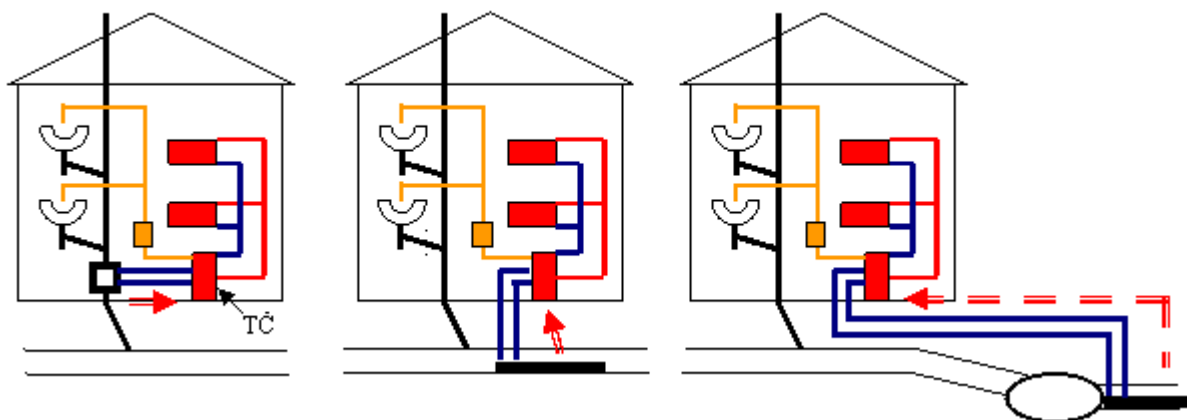
4.4.2 Dělení dle místa přenosu tepelné energie

Výměník pro získávání tepla je možné umístit:

- v blízkosti místa vzniku šedé vody nebo přímo u zařizovacího předmětu;
- na potrubí vnitřní kanalizace, které odvádí šedou vodu;
- v čerpací šachtě nebo zařízení na čištění vod;
- ve sběrné jímce určené k tomuto účelu;
- v kanalizační síti;
- podle místních podmínek na jiném k tomu vhodném místě.

Každé z těchto míst obr. 3.3 má své specifické podmínky a omezení. Vhodná volba umístění výměníku záleží především na rovnoměrnosti průtoku šedé vody. Pro odběr na odtoku z objektu či přímo v budově je vhodné využít objekty s vyšším množstvím odpadní vody, jejíž odtok je v době provozu nepřerušovaný. Jedná se například o potravinářské nebo jiné průmyslové provozy, aquaparky, wellness, léčebná zařízení. V posledních letech je využití tepla z odpadní nebo technologické vody realizováno v budovách (v jednodušších případech jen předáním energie přes stěny výměníků).

Oproti tomu získávání tepla z odpadní vody ve vhodných místech trasy kanalizační sítě, popř. na /za ČOV praktické aplikace v rámci ČR nemá. [4]



Obrázek 4.3: Možnosti umístění tepelného čerpadla [4]. Vlevo odtok z budovy, uprostřed kanalizační stoka, vpravo odtok z ČOV.

Mezi výhody umístění tepelného čerpadla v domě nebo v kanalizační síti patří relativně blízký odběr vyrobeného tepla. Na kanalizační síti nesmí výměník zbytečně zmenšovat průřezový profil, nesmí způsobovat ukládání nerozpuštěných látek a měl by být přístupný pro kontrolu a údržbu. Odběrové místo může na kanalizační stoce být přímo v trase hlavního průtoku odpadní vody nebo na vedlejším proudu (bypass). Další dopravou odpadní vody v kanalizačním řadu a napojením následujících odběratelů dojde k teplotní úpravě odpadní vody a naprosté minimalizaci vlivu na ČOV. Při uložení výměníku na kanalizační síti jsou nevýhodou právní a finanční vztahy týkající se stokové sítě. [4]

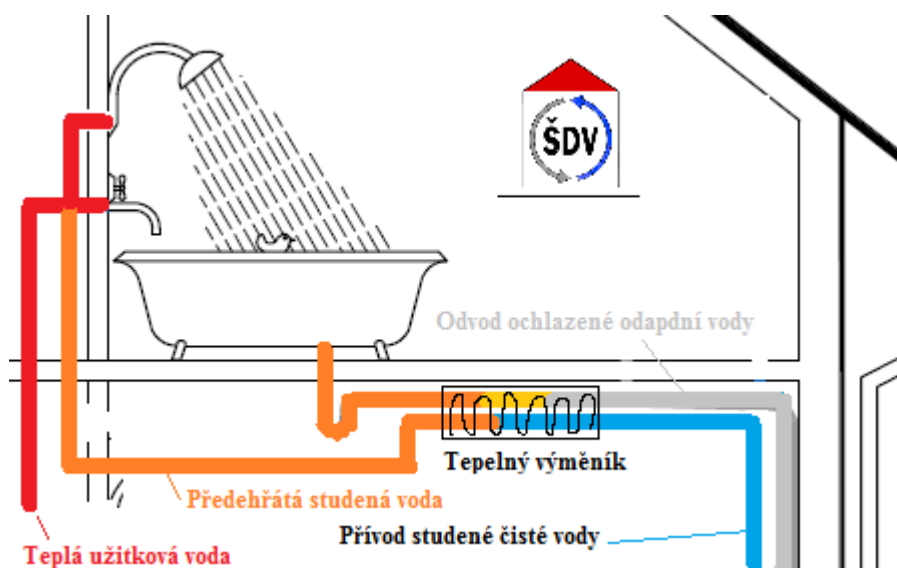
Využití tepla ze šedých vod – aneb získávání tepla přímo v budově

Průměrný objem vyprodukované šedé vody se u rodinných domů pohybuje mezi 55–112 l/EO/den, ale některé občanské vybavenosti, jako hotely, bazény, wellnes centra, mají spotřebu teplé vody až 400 l/EO/den. Teplota vody, jak vyplývá z předchozího popisu, je vyšší než teplota běžných komunálních vod. Pohybuje se mezi 18–35 °C. Pokud jsou tyto vody vypouštěny do stokové sítě, mají pozitivní vliv na čistící proces na stávajících čistírnách odpadních vod, protože v zimě zlepšují čistící proces. Při dnešních cenách energií jsou provozovatelé nuceni snižovat provozní náklady a tím zajišťovat udržitelnost provozu. Recyklace tepla ze šedých vod je jedním ze způsobů, jak snížit náklady na ohřev TUV (teplá užitková voda), provozní teplé vody, popřípadě na vytápění objektu. Ačkoliv je toto téma v ČR stále ještě na okraji pozornosti, jsou již realizovány první aplikace, ať už na znovu využití vody, nebo na rekuperaci tepla.

Používané metody

Odebírání tepla z šedé vody lze provádět buď lokálně, nebo centrálně. O volbě, kterou metodu použít, rozhoduje průtok odpadní vody. Pro menší aplikace a rodinné domy je investičně zajímavější lokální rekuperace tepla, která reaguje na aktuální spotřebu. U větších aplikací je možno odpadní vodu akumulovat, odebrat z ní potřebné teplo, a až po té ji vypustit do stokové sítě, nebo na čistírnu odpadních vod.

Lokální systémy



Obrázek 4.4: Zapojení lokálního systému předehřevu vody [4].

Lokální systémy rekuperace tepla jsou založeny na principu odebírání tepla z odtékající vody, která předehřívá studenou vodu do sprch, nebo jiných aplikací viz obr. 3.4. Existují opět dva druhy aplikací, a to:

- předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu;
- předehřev studené vody do zásobníku TUV.

Obě řešení odebírání tepla jsou vhodná pro rodinné domy a menší provozy.

Lokální systémy – předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu

Výhodou tohoto zapojení je, že předehříváme vodu vždy, když je spotřeba. V reálu to znamená, že teplá voda, odtékající při sprchování do odpadu, nám předehřívá vodu, kterou teprve použijeme. Tímto opatřením snížíme množství teplé vody, protože ve směšovací baterii je menší poměr ředění teplé vody. Časová prodleva, od které je předehřátá voda k dispozici, je závislá na délce potrubí a umístění tepelného výměníku. Teplota předehřáté vody se pohybuje kolem 20 °C. Tuto vodu lze přímo napojit do okruhu sprch nebo

umyvadel. Tento systém má větší účinnost než předehřátí vody do zásobníku TUV, protože je umístěn blíže směšovací baterii a proto nedochází ke ztrátám. [4]

Lokální systémy – předehřev studené vody zásobník TUV

Druhou možností je předehřátou vodu vést do zásobníku teplé užitkové vody, kde se pak dohřívá na příslušnou požadovanou teplotu. Tady se dá s výhodou použít stratifikace vody do zásobníku, to znamená teplotu odvádět do místa ve výměníku, které má příslušnou teplotu. Tento systém je investičně náročnější a má menší účinnost než lokální systém s okamžitou spotřebou vody.

Centrální systémy

Centrální systémy jsou vhodné pro větší objekty, které produkují větší množství šedých vod. U těchto aplikací, kde je odběr vody kolísavý, se voda shromažďuje v akumulární jímce, která slouží jako zdroj tepla pro primární okruh tepelného čerpadla. Velkou výhodou tohoto uspořádání je jednoduchá konstrukce tepelného výměníku, který je možno řešit plastovými trubkami nebo hadicemi – nízké investiční náklady.

Úskalím tohoto řešení je, že nemůžeme vodu ochladit pod bod mrazu. Pokud bychom nechali tepelnému čerpadlu odebírat teplo z šedé vody bez kontroly teploty, tak se může stát, že jímka zamrzne. Teplo z jímky se tedy odebírá jen při požadovaném průtoku a při požadované „cílové“ teplotě. Při překročení limitní teploty musíme tepelnému čerpadlu umožnit odebírat teplo z jiného zdroje. Popřípadě kombinovat tepelné čerpadlo s jiným zdrojem tepla. Při použití tepelného čerpadla je možno dodávat i teplo do rozvodné sítě teplovodního vytápění. Nespornou výhodou je možnost chlazení pomocí tepelného čerpadla v letních měsících. Dnešní tepelná čerpadla mají již v běžné výbavě i chladicí režim.

5 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH A SRÁŽKOVÝCH POVRCHOVÝCH VOD

Pro šedé vody je specifické kolísání hodnot, které je spojené s rozličným životním stylem. Analýza odhalí, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch a umyvadel. Oproti tomu šedé vody z kuchyní jsou zatíženější především kvůli organickým zbytkům a nerozpuštěným látkám. Z toho vyplývá, že pro využití jsou nejvhodnější šedé vody ze sprch a umyvadel. Šedé vody z kuchyní jsou náročnější na recyklaci. V britské normě BS 8525-1 jsou uvedené požadavky na ukazatele jakosti provozní vody s ohledem na zdravotní rizika, viz tab. 4.1.

Tabulka 5.1: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování provozní (bílé) vody podle BS 8525-1 a rozdíl v hodnotách pro činnost, kde vzniká aerosol a kde aerosol nevzniká [2]. KTJ - kolonie tvořící jednotka

| Parametr x [KTJ/100ml] | Aplikace postřikem | Aplikace bez postřiku | | |
|--|---|-----------------------|-------------------------------------|------------|
| | Tlakové mytí, zahradní rozstříkovač a mytí vozidel | Splachování WC | Zavlažování zahrad ^{A)} | Praní |
| Escherichia coli [počet/ml] | Nezjištěno | 250 | 250 | Nezjištěno |
| Střevní enterokoky [počet/ml] | Nezjištěno | 100 | 100 | Nezjištěno |
| Legionella pneumophila [počet/ml] | 10 | — | — | — |
| Koliformní bakterie celkem [počet/ml] | 10 | 1000 | 1000 | 10 |

Pro dosažení uvedených hodnot se využívají různé technologie čištění.

5.1 ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

5.1.1 Obecně

Na čistírnu odpadních vod, určenou pro čištění šedých vod, smí být přiváděny pouze šedé vody. Vybavení ČOV a její návrh vychází z typu natékajících šedých vod, zejména je třeba v návrhu zohlednit, zda jsou součástí šedých vod i vody z kuchyní. Technologie pro čištění se navrhuje dle požadavků na jakost provozní vody. V návrhu uspořádání technologické linky čistírny musí být navržen obtok celé čistírny do kanalizace. [1]

Podklady pro návrh ČOV jsou uvedeny v ČSN EN 12225-11.

Technologie čištění šedé vody se podle typu procesu dělí na:

- mechanickou úpravu;
- chemickou úpravu;
- fyzikální úpravu;
- biologické čištění;
- přírodní způsoby čištění.

5.1.2 Mechanická úprava

Využívá základních čistících procesů, především sedimentaci a filtraci. Doporučenými objekty mechanického předčištění na úpravu šedých vod jsou česle, sedimentační nádrže, síta a v případě nátoku vod z kuchyně i lapák tuků.

Objekty mechanického předčištění se navrhují na maximální hodinovou produkci šedých vod Q_h v $m^3/hod.$

Sedimentační nádrže mohou být kruhové, obdélníkové i čtvercové. Nádrž je nutné navrhnout tak, aby nevznikaly turbulence, které negativně ovlivňují sedimentační proces.

5.1.3 Chemická úprava

Chemicky upravujeme šedé vody pomocí procesů založených na koagulaci a elektrokoagulaci, kdy do odpadní vody dávkuje soli železa, hliníku nebo jiných kovů. Dále mezi chemickou úpravu řadíme fotokatalýzu, tedy rozklad látek za přítomnosti fotokatalyzátoru nebo pokročilé oxidační procesy využívající OH radikály.

Koagulace

Při použití fyzikálně chemických procesů koagulace je do šedé odpadní vody dávkován koagulant, nejčastěji na bázi železa nebo hliníku, díky kterému dochází ke koagulaci a

flokulaci. Následuje separace vzniklých vloček, která se provádí nejčastěji sedimentací nebo filtrací.

Koagulaci také lze použít v kombinaci s pískovým filtrem.

Elektrokoagulace

Jedná se o obdobný proces jako koagulace, vlivem anodového rozpouštění železitých nebo hlinitých elektrod za průchodu elektrického proudu nastává koagulační účinek.

Fotokatalýza

Při použití procesu fotokatalýzy se doporučuje použití katalyzátoru TiO_2 se zářením $\lambda > 300$ nm.

Čištění šedých vod fotolýzou je vhodné za předpokladu, že organické polutanty jsou ve vodě rozpustné, koncentrace peroxidu vodíku překračuje hodnotu cca 0,1 % a je použit zdroj UV záření s $\lambda < 280$ nm.

Pokročilé oxidační procesy

Využívají reakcí, při nichž vznikají OH radikály k přímé oxidaci organických látek, přičemž se používá např. reakce peroxidu a UV záření, peroxidu a ozonu, solí kovů železa, ruthenia, kobaltu, sloučenin na bázi síry, různých forem železa a různých dalších kombinací. S výhodou se při tom odstraní i velký podíl xenobiotik, těžko rozložitelných podílů kosmetických přípravků atd.

5.1.4 Fyzikální úprava

Filtrace

Do fyzikálních úprav řadíme procesy, které adsorbují nerozpuštěné látky na filtračním loži pískového filtru nebo membránovou filtraci.

Filtrační materiál může být z křemičitého písku, granulovaného aktivního uhlí (GAC), antracitu nebo umělých materiálů. Volba typu materiálu a jeho frakce je závislá na složení čištěné šedé vody.

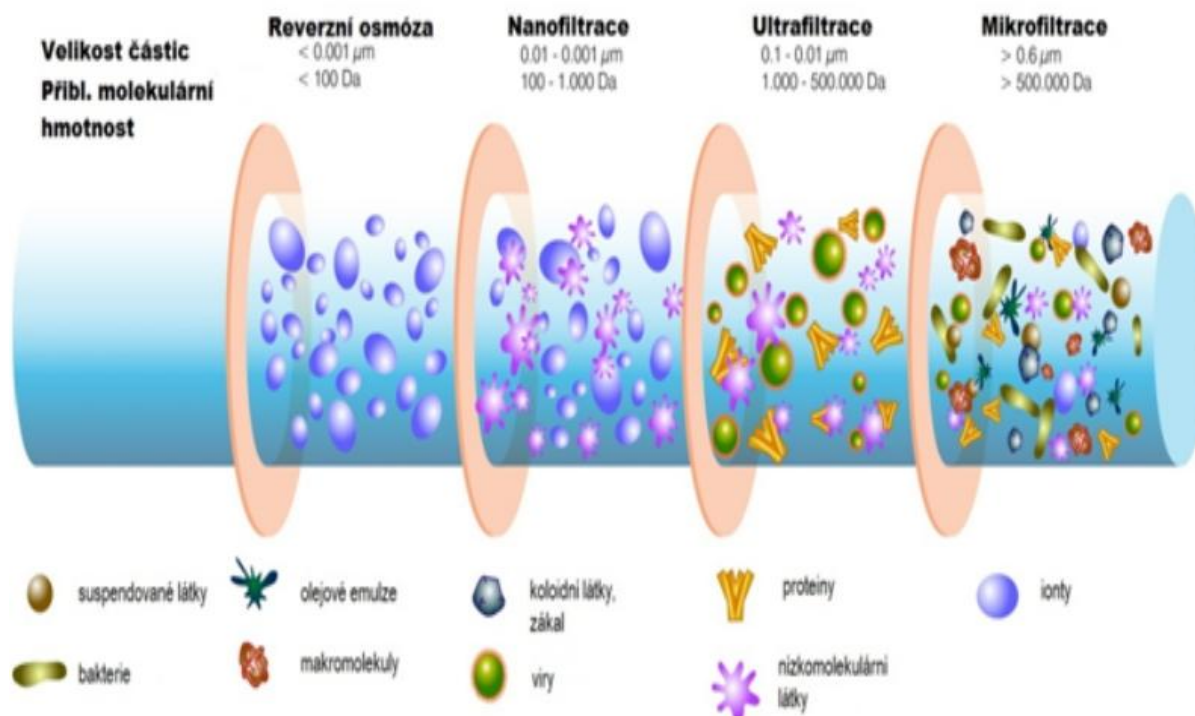
Membránová filtrace

Membránovou filtraci dělíme na tlakovou a podtlakovou a je charakterizována velikostí pórů v membráně. Nejčastěji používaným typem je mikrofiltrace a ultrafiltrace o pracovním tlaku 0,1 až 2 MPa. Dělení podle velikosti odseparovaných částic:

- mikrofiltrace (MF), velikost pórů od 0,1 μm do 10 μm ;

- ultrafiltrace (UF), velikost pórů od 1 nm do 0,1 μm ;
- nanofiltrace (NF), velikost pórů od 0,1 nm do 1 nm;
- reversní osmóza (RO), velikost pórů pod 1 nm.

Velikost částic má vliv na druh separovatelných znečišťujících látek, viz obr. 4.1.



Obrázek 5.1: Druhy membránové filtrace [9]

5.1.5 Biologická úprava

Principem biologické úpravy je provzdušňování (aerace) aktivovaného kalu v nádrži. Aktivovaný kal je tvořen směsnou kulturou mikroorganismů, díky kterým probíhá proces čištění. Mezi systémy s biologickou úpravou řadíme biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránový bioreaktor a biologické provzdušňované filtry.

Biofilmové reaktory

Pro tento proces jsou důležité základní tři faktory:

- aerobní mikroorganismy;
- kyslík;
- organická hmota.

Biofilmové reaktory se navrhují podle ČSN EN 12255-7.

Používají se dva typy biofilmových reaktorů:

- s pevnou náplní;
- s náplní ve vznosu.

Aktivace

Aktivace spočívá v aeraci aktivovaného kalu v aktivační nádrži. Aktivovaný kal je tvořen směsnou kulturou organismů, která závisí na složení přiváděné odpadní vody. Aktivační procesy se doporučuje používat především u objektů s vysokou produkcí šedé vody. Systémy dosahují vysokého stupně vyčištění přiváděných znečištěných vod. S ohledem na delší intervaly mezi regenerací membrán se doporučuje navrhovat nízko zatěžovaný systém a větší stáří kalu.

Kombinace aktivace a membránové separace MBR

V současnosti se nejvíce používá technologie MBR v kombinaci s UV desinfekcí. Důvodem jsou především nižší prostorové nároky.

MBR reaktory lze rozdělit do dvou skupin:

- vysoké stáří kalu ($\theta_x > 50-70$ dní) a nízké látkové zatížení ($0,025 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$);
- nízké stáří kalu ($\theta_x > 10-20$ dní) a vysoké látkové zatížení ($0,1$ do $0,15 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$).

Membránový separační systém může být do technologické linky čištění šedé vody zařazen:

- za konvenční dosazovací nádrží: slouží potom jako terciární dočištění odtoku z čistírny odpadních vod;
- za aktivační nádrží: aktivační směs je do modulů přečerpávána z aktivace (crossflow systémy);
- ponořený přímo do aktivační nádrže: nízkoenergetické podtlakové systémy;
- ponořený v aktivační směsi za aktivační nádrží: nízkoenergetické podtlakové;
- v samostatných kontejnerech nebo nádržích mimo aktivační nádrž.

Hlavní provozní parametry membránových aktivačních systémů jsou uvedeny v tabulce, viz tab. 4.2.

Filtrační celkové plochy membrán (A_{MBR}), v m^2 , se stanoví podle vztahu:

$$A_{MBR} = \frac{Q_{dm}}{flux} \quad (1)$$

kde je

Q_{dm} maximální denní přítok [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

$flux$ průtok membránou [$m^3 \cdot d^{-1}$].

Při návrhu se doporučuje počítat s akumulací rezervou vzhledem k dennímu cyklu. Návrh plochy membránového modulu je nutno konzultovat s výrobcem.

Stanovení množství vzduchu (Q_{VZD}) v [$m^3 \cdot h^{-1}$] pro membránu:

$$Q_{VZD} = A_{MBR} \cdot k_{fm} \quad (2)$$

kde je

k_{fm} koeficient přestupu kyslíku k membránám;

$k_{fm} = 0,7$ [$m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$].

Tabulka 5.2: Hlavní provozní parametry membránových aktivačních procesů [1]

| Parametr | Jednotky | Hodnoty |
|--|--|-------------|
| Průtok MBR (flux) – skutečný | [$l \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$] | 25 – 35 |
| Průtok MBR (flux) – udržitelný po delší dobu | [$l \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$] | 10 – 30 |
| Membránový tlak | [kPa] | 20 |
| Koncentrace aktivovaného kalu | [(g MLSS) $\cdot l^{-1}$] | 5 – 15 |
| Doba zdržení | [dny] | > 20 |
| Produkce kalu | [kg \cdot (kg CHSK d) $^{-1}$] | < 0,25 |
| Hydraulická doba zdržení | [hodiny] | 1-9 |
| Poměr znečištění k biomase | [(kg CHSK) \cdot (kg MLSS.d) $^{-1}$] | < 0,2 |
| Objemové zatížení | [(kg CHSK) \cdot (m ³ .d) $^{-1}$] | < 20 |
| Teplota | [°C] | 10 – 35 |
| pH | [-] | 7 – 7,5 |
| Četnost praní | [minuty] | 5 – 16 |
| Doba praní | [sekundy] | 15 – 35 |
| Spotřeba energie | [kWh $\cdot m^{-3}$] | 0,20 – 0,40 |
| Aerace membrán | [%] | 80 – 90 |
| Odčerpání permeátu | [%] | 10 – 20 |

5.1.6 Dezinfekce bílé vody

Po vyčištění vody je nutné provést dezinfekci, která zaručí odstranění patogenních látek z vyčištěné vody.

Systémy určené k dezinfekci dělíme na chemické a fyzikální.

Mezi chemické desinfekční metody řadíme použití chlóru a jeho sloučenin anebo pomocí ozónu, který je ale nákladný z důvodu nutné výroby v místě spotřeby.

Nejčastěji používaným fyzikálním způsobem je dezinfekce ultrafialovým zářením viz obr. 4.2, které ve vodě nezanechává reziduum.



Obrázek 5.2: Desinfekce UV lampou v hotelu MOSAIC HOUSE. [Zdroj: Raclavský, J.]

5.1.7 Požadavky na akumulaci šedých a bílých vod

Bílou vodu je nutné akumulovat tak, aby se minimalizovala možnost k růstu mikroorganismů. Přednostně je vhodné umístit akumulační nádrž v zemi nebo v suterénu budovy tak, aby byla chráněna před denním světlem a následným ohříváním bílé vody. Z hygienických důvodů není vhodné šedou vodu akumulovat déle než jeden den (24 h). Do nádrže je vhodné zaústit vývod pitné vody, pro případné doplnění provozních vod.

5.2 PŘEDČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH POVRCHOVÝCH VOD

5.2.1 Obecně

Srážkové povrchové vody vyžadují zpravidla pouze jednoduché mechanické způsoby čištění, především se jedná o zbavení listů a větviček z nedalekých stromů, v některých případech doplněné o dezinfekci.

5.2.2 Umístění mechanického předčištění

Podle místa osazení mechanického filtru můžeme čištění srážkových povrchových vod rozdělit na:

- svodové, žlabové a podokapní filtry;
- interní filtrační vložky ve filtračním tělese;
- externí filtrační šachty.

5.2.3 Požadavky na akumulaci srážkových povrchových vod

Srážkové povrchové vody a provozní vodu získanou z těchto vod je nutné akumulovat tak, aby se minimalizovala možnost k růstu mikroorganismů. Stejně jako u akumulace provozních vod získaných vyčištěním šedých vod, je vhodné umístit akumulační nádrž pod terén nebo do suterénu budovy. Takovýmto umístěním akumulační nádrže zabráníme v kontaktu s přímým slunečním světlem a zvyšováním teploty a tím růstu mikroorganismů. Z hygienických důvodů není vhodné srážkové povrchové vody a provozní vodu získanou z těchto vod akumulovat déle než 21 dnů.

6 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD V PRAXI: HOTEL MOSAIC HOUSE

V současné době je v České republice systém využívání šedých vod teprve v začátcích a objevuje se zřídka. Prvním objektem, který u nás komplexně využívá šedé vody, je hotel Mosaic House v Praze, obr 5.1, který má zároveň jako druhý na světě systém využití šedé vody s rekuperací tepla a je první certifikovanou budovou BREEAM In Use v ČR s hodnocením Excellent.



Obrázek 6.1: Hotel MOSAIC HOUSE v Praze

Hotel Mosaic House se nachází v Praze nedaleko Karlova náměstí. Hotel vznikl přestavbou řadového funkcionalistického domu. Rekonstrukce, kterou prováděla firma IMPACT – CORTI a.s., probíhala od listopadu 2008 do června 2010 a její součástí bylo i vytvoření dvojích rozvodů pro budoucí využití šedé vody. Hotel, který získal přívlastek "zelený", nešetří pouze vodu, ale i plyn a energii a je první v ČR s nulovou emisí CO₂ (elektřina a plyn). "Zelený" je také proto, že na střeše i v okolí budovy je umístěna funkční zeleň. [10], [11]

Hotel Mosaic House nabízí ubytování v 94 pokojích s celkovou kapacitou 410 hostů. Z toho je 64 pokojů privátních ve čtyřhvězdičkovém standardu a zbylých 30 pokojů je hostelového typu, kde si klient kupuje pouze postel. [11]

Jak vidíme v obr. 5.2, hotel má celou řadu pasivních i aktivních systémů úspory elektrické energie, plynu a také vody.



Obrázek 6.2: Dělení úsporných opatření v hotelu MOSAIC HOUSE [12]

6.1 ÚSPORA ENERGIE V HOTELU

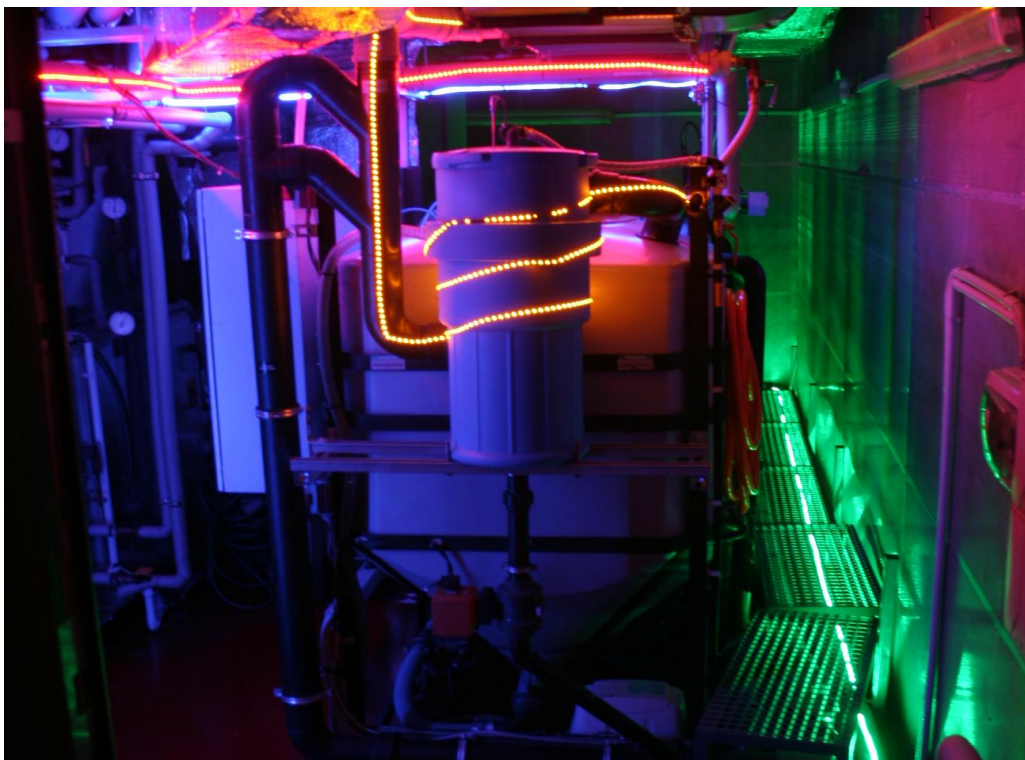
Jak je znázorněno na obr. 5.2, pasivní úspora energie je zajištěna především zateplením fasády hotelu a výměnou původních oken za okna s nízkým součinitelem prostupnosti tepla. Okna jsou zároveň vybavena čidly, která podle ročního období a teploty uvnitř pokoje ovládají exteriérové žaluzie. Tím regulují teplotu v pokoji, aby nedocházelo k přehřívání. V pokojích jsou také umístěna čidla, která rozpoznají, zda je pokoj obsazený a podle toho regulují vytápění.

Aktivní úsporu energie zajišťují systémy rekuperace. Těch je tu celá řada. Rekuperace vzduchu vyměňuje "špinavý" vzduch z pokoje za "čistý" vzduch z ulice, který je vyčištěn přes vzduchové filtry. Tím odpadá potřeba větrat a navíc v tepelném výměníku dochází k výměně tepla mezi "špinavým" a "čistým" vzduchem. Nás především zajímá rekuperace tepla z šedé vody, na kterou se zaměříme v následující kapitole.

6.2 SYSTÉM VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY

Hotel Mosaic House v Praze se jako první v České republice vydal cestou šetření pitné vody a využívá vyčištěnou šedou vodu tam, kde není potřeba pitná voda, např. pro splachování toalet nebo pro úklid. Pomocí dvojích rozvodů vodovodních a kanalizačních

trubek je separována šedá voda, která je přiváděna do sklepních prostorů, kde se čistí. Zařízení na čištění šedé vody je od německé firmy HANSGROHE a tento systém se prodává pod názvem PONTOS AQUACYCLE. V současné době servis tohoto zařízení provádí firma ASIO s.r.o., sídlící v Brně. Hotel využívá pouze šedou vodu, dešťové vody jsou odváděné do kanalizace. Na obr. 5.3 jsou pomocí barev znázorněné různé druhy přitékajících a odtékajících vod. Žlutá barva značí šedou vodu přitékající z pokojů, červená barva je pro přehřáté vody z tepelného výměníku, modrá směřuje do tepelného výměníku a zelená barva značí bílou vodu určenou pro splachování nebo úklid.



Obrázek 6.3: Systém PONTOS AQUACYCLE

Celý proces fungování systému:

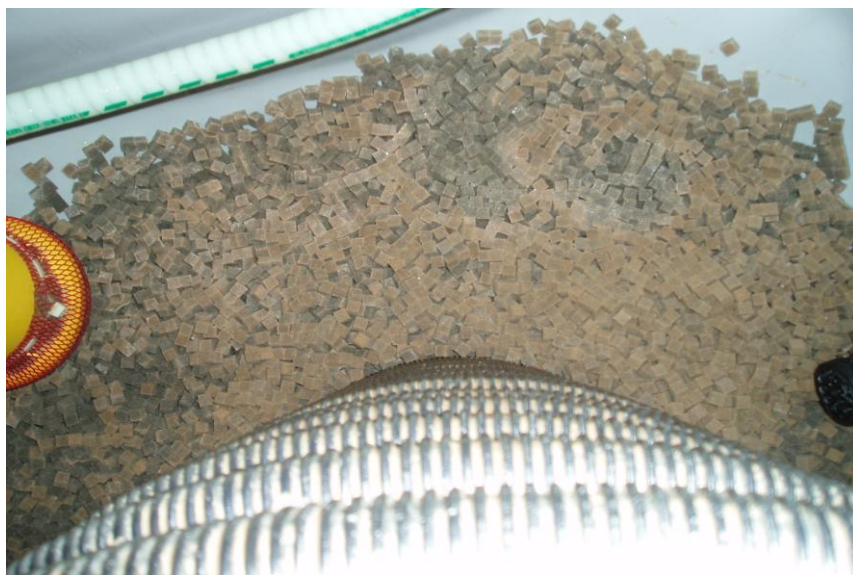
1. Při každém použití umyvadla nebo sprchy je voda odváděna odděleným potrubím na systém PONTOS AQUACYCLE.
2. Na přítoku šedé vody je filtr hrubých nečistot, ten je potřeba čistit cca jednou týdně. Na obr. 5.4 vidíme filtr na hrubé nečistoty (modrý).
3. Čištění šedé vody probíhá ve čtyřech nádržích. První a druhá nádrž zabezpečuje základní stupeň čištění pomocí molitanové drti a bakterií, zároveň jsou zde umístěny výměníky tepla obr. 5.5, které zajišťují první stupeň přehřevu TUV. Voda se poté dohřívá pomocí solárních kolektorů, umístěných na střeše budovy. Ve třetí nádrži probíhá dočišťování vody také pomocí molitanové drti s bakteriemi (typ ESO-HOME, což je koncentrovaný bioenzymatický přípravek, který je

dodáván v balení o objemu 10 l). Pro správnou funkci bakterií jsou všechny tři nádrže provzdušňovány. Čtvrtá nádrž je akumulací a pro případ nedostatku vody je do ní zaústěná pitná voda.

4. Po vyčištění je potřeba bílou vodu dezinfikovat, to zabezpečuje UV záření.
5. Dezinfikovaná voda je pomocí čerpadel dopravována do splachovadel a do úklidových komor.



Obrázek 6.4: Hrubý filtr nečistot.



Obrázek 6.5: Vnitřek nádrže s předehřevem UV a molitanovou drtí. [Zdroj: HOTEL MOSAIC]

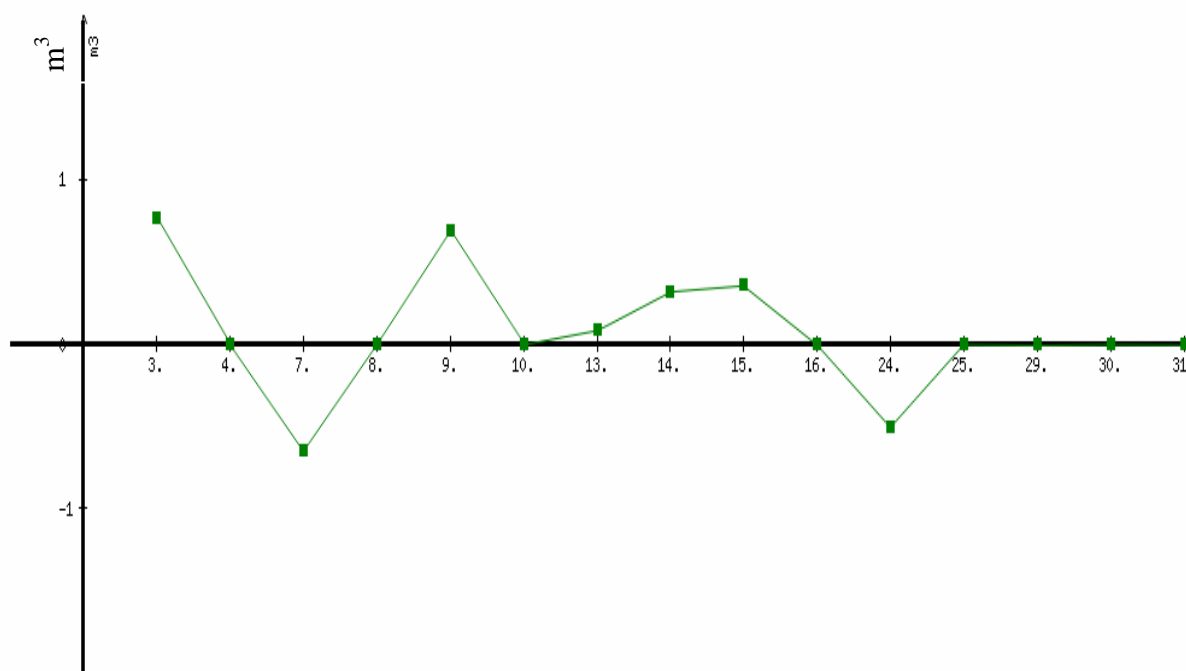
Systém PONTOS AQUACYCLE funguje bez problémů. Za celou dobu provozu nastala pouze jedna porucha, a to pár měsíců po spuštění, když přestal správně fungovat řídicí systém. Došlo k vymření bakterií a výsledná voda zapáchala.

Do bílé vody se dvakrát ročně dává peroxid vodíku, aby nedocházelo k zanášení splachovadel.

6.2.1 Úspora vody

Celková úspora vody od rekonstrukce v červnu 2010 do května 2014 je 4 218,4 m³. Při cenách okolo 74 Kč · m⁻³ hotel od rekonstrukce ušetřil na vodě cca 312 162 Kč. Obsazenost hotelu je 85 až 90 % převážně mladými zahraničními hosty, což při maximální kapacitě hotelu 410 činí cca 355 hostů. Za den systém PONTOS AQUACYCLE průměrně zpracuje 4,5 m³ vody. Přepočtem na hosta je to úspora 12,7 l · den⁻¹.

V následujícím grafu obr. 5.6 je znázorněna křivka hladiny ve čtvrté nádrži, záporné hodnoty se doplňují pitnou vodou. Naměřené hodnoty jsou za měsíc leden 2014. [13]



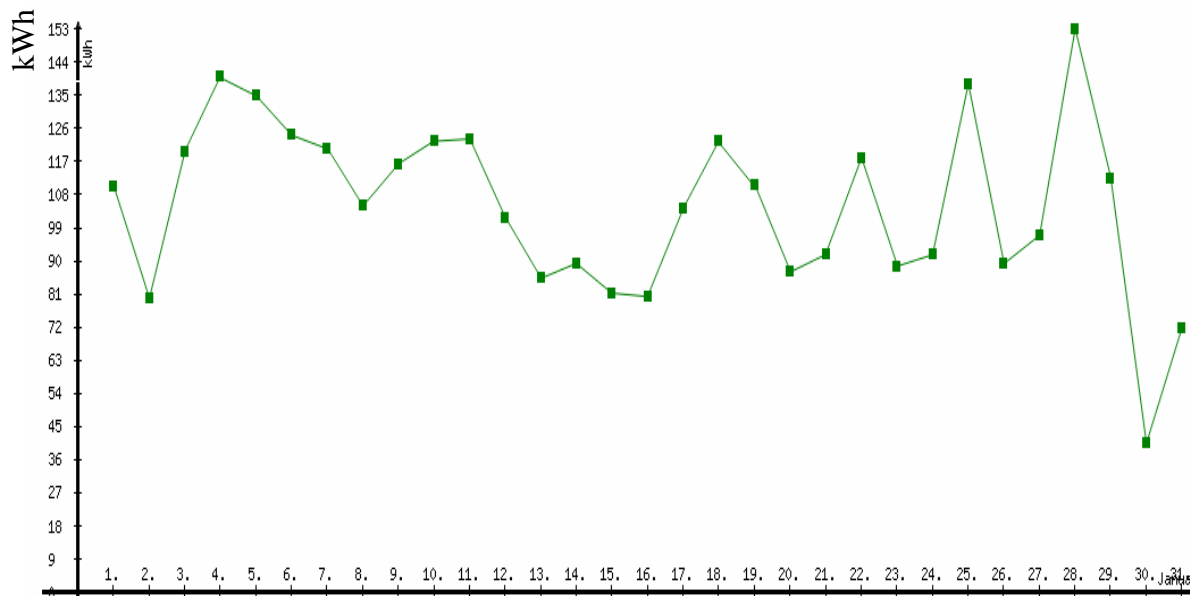
Obrázek 6.6: Křivka hladiny vody v akumulční nádrži za měsíc leden 2014 [13].

6.2.2 Úspora energie

Úspora energie na ohřev vody pomocí tepelných výměníků a solárních kolektorů umístěných na střeše budovy od rekonstrukce v červnu 2010 do května 2014 je 143 417 kWh. Při průměrných cenách 3,2 Kč · kWh⁻¹ hotel od rekonstrukce ušetřil na energiích cca

458 934 Kč. V přepočtu na 1 m^2 to za rok činí cca $120 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ a při přepočtu na jeden pokoj o ploše 70 m^2 je úspora $8\,400 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$.

V následujícím grafu obr. 5.7 je znázorněna křivka úspory energie. Naměřené hodnoty jsou za měsíc leden 2014.



Obrázek 6.7: Křivka úspory energie za měsíc leden 2014 [13]

7 NÁVRH SYSTÉMU PRO PENSION U ČERNÉHO PSA

Pension U Černého psa se nachází v centru Českého Krumlova. Historické centrum a jeho památky každoročně lákají tisíce turistů, proto je ve městě celá řada hotelů a pensionů. Jedním z nich je i pension U Černého psa, který se nachází na pravém břehu řeky Vltavy nedaleko historického centra. Pension je rodinného typu, nabízí ubytování v pokojích pro 2, 4 a 6 osob a je též vhodný pro rodiny s dětmi. Celková kapacita hotelu je 14 lůžek. Všechny pokoje jsou vybaveny sociálním zařízením a WC. V pensionu se nevaří, podávají se tu pouze snídaně, takže je zde malá kuchyňka.

Ve zvoleném pensionu dojde během rekonstrukce k zabudování systému na využití šedé a dešťové vody. Průměrná obsazenost pensionu je 101 osob za měsíc, maximální obsazenost je v srpnu 186 osob za měsíc.

Parcelní číslo: st. 253

Obec: Český Krumlov

Katastrální území: Český Krumlov

Číslo LV: 2657

Celková výměra [m²]: 233

Výměra střechy [m²]: 100

Výměra zatravněné plochy [m²]: 133

Vlastnické právo: Pojsl Miroslav a Pojslová Jana

7.1 SOUČTOVÁ METODA STANOVENÍ PRŮMĚRNÉ DENNÍ PRODUKCE ŠEDÉ VODY

Objem vyprodukované šedé vody (Q_{prod}), v l/den, se stanoví podle vztahu [1]

$$Q_{\text{prod}} = \sum_{i=1}^m q_{\text{prod},i} \cdot n_{\text{mj},i} \quad (3)$$

kde je

q_{pro} produkce šedé vody na měrnou jednotku a den, v l · den⁻¹, podle tabulky 7.1;

n_{mj} počet měrných jednotek stejného druhu;

m počet druhů měrných jednotek.

$$Q_{\text{prod}} = 90 \cdot 14 = 1260 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1} = 1,26 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Tabulka 7.1: Produkce šedé vody v různých budovách [1]

| Druh budovy | Vybavení | Produkce šedé vody | |
|--|---------------------|--------------------|---|
| | | Měrná jednotka | Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den q_{prod} (l/den) |
| Bytový dům, rodinný dům | Koupelny | obyvatel | 31 |
| | Kuchyně | obyvatel | 11 |
| | Praní | obyvatel | 15 |
| Internát | Sprchy, koupelny | lůžko | 90 |
| Hotel | Koupelny se sprchou | lůžko | 90 |
| | Koupelny s vanou | lůžko | 150 ¹⁾ |
| | Prádelna | lůžko | 14 |
| Administrativní budova | Umyvadla | osoba | 12 |
| | Čajové kuchyňky | osoba | 5 |
| | Sprchy | osoba | 2 ²⁾ |
| Maloobchodní prodejny – personál | Umyvadla | osoba | 12 |
| | Sprchy | osoba | 2 ²⁾ |
| Maloobchodní prodejny – zákazníci (návštěvníci) | Umyvadla | osoba | 3 ³⁾ |
| ¹⁾ Nutno uvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy. ²⁾ Příležitostné sprchy. ³⁾ Pokud jsou v budově záchody pro zákazníky. | | | |

7.2 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRODUKCE ŠEDÉ VODY

Maximální denní produkci šedé vody stanovíme vynásobením denní produkce součinitelem denní nerovnoměrnosti.

$$Q_d = Q_{\text{prod}} \cdot k_d = 1,26 \cdot 1,35 = 1,70 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

$$k_d = 1,35$$

$$Q_{\text{prod}} = 1260 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

7.3 STANOVENÍ PRŮMĚRNÉHO ROČNÍHO NÁTOKU SRÁŽKOVÉ VODY

Průměrný roční nátok srážkové povrchové vody (V_d), v l/rok, se stanoví podle vztahu

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad (4)$$

kde je

A půdorysný průmět odvodňované plochy, v m^2 ;

ψ_d součinitel využití srážkových povrchových vod (viz tabulka 7.3);

h_r dlouhodobý srážkový normál, v mm, viz tabulka 7.2;

η hydraulická účinnost mechanického filtru (podle údajů výrobce nebo přibližně $\eta = 0,9$ až $0,95$). [1]

Tabulka 7.2: Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 [1]

| Kraj | Dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm] |
|---------------------|---|
| Česká republika | 674 |
| Praha a Středočeský | 590 |
| Jihočeský | 659 |
| Plzeňský | 656 |
| Karlovarský | 673 |
| Ústecký | 612 |
| Liberecký | 860 |
| Královéhradecký | 774 |
| Pardubický | 711 |
| Vysočina | 644 |
| Jihomoravský | 543 |
| Olomoucký | 732 |
| Zlínský | 786 |
| Moravskoslezský | 816 |

Tabulka 7.3: Součinitelé využití srážkových povrchových vod $\psi_{d[1]}$

| Druh střechy | Součinitel využití srážkových povrchových vod ψ_d |
|--|---|
| Střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha) | 0,3 |
| Střecha s vrstvou kačírku (kameniva) | 0,6 |
| Střecha s nepropustnou horní vrstvou | 0,8 |

$$V_d = 100 \cdot 0,8 \cdot 659 \cdot 0,9 = 47448 \text{ l} \cdot \text{rok}^{-1} = 47,48 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

7.4 STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY

Pro návrh zařízení na využití šedé nebo srážkové povrchové vody je nutno stanovit denní, a popř. roční potřebu provozní vody. [1]

Denní potřeba provozní vody (Q_{24}), v $\text{l} \cdot \text{den}^{-1}$, se stanoví ze vztahu

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{zal} \cdot A_{zal} + q_{tech} \quad (5)$$

kde je

q_w specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís, v $\text{l}/(\text{osoba} \cdot \text{den})$;

q_{zal} potřeba vody pro zalévání nebo kropení, v $\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$, zalévat nebo kropit se nemusí každý den, viz tabulku 7.6;

n počet měrných jednotek (počet osob, obyvatel, lůžek);

A_{zal} plocha, která se zalévá nebo kropí, v m^2 .

Specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís (q_{wc}), v $\text{l} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ se stanoví podle vztahu

$$q_{wc} = q_o \cdot p \quad (6)$$

kde je

q_o splachovací objem, v l, podle navržených splachovačů nebo orientačně podle tabulky 7.5;

p počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne (viz tabulka 7.4).

$$q_{wc} = 5 \cdot 4 = 20 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$q_o = 5 \text{ l}$$

$$p = 4$$

$$Q_{24} = 20 \cdot 14 + 1 \cdot 133 + 40 = 453 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$n = 14$$

$$q_{\text{zal}} = 1 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$$

$$A_{\text{zal}} = 133 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{tech}} = 40 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

Tabulka 7.4: Počty použití záchodových a pisoárových mís [osoba/den] [1]

| Druh mísy a pohlaví uživatelů | Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy | | | | | |
|--|--|----------------------|-------|---------------------------|-----------------------|-------------|
| | Bytové nebo rodinné domy | Studentské koleje | Školy | Administrativní budovy | Maloobchodní prodejny | |
| | | | | | Zaměstnanci | Návštěvníci |
| Záchodové mísy pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry | -- | -- | 0,7 | 1 | 1 | 0,17 |
| Záchodové mísy pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry | 6 | 4,42 | 1,5 | 4 | 4 | 1 |
| Záchodové mísy pro ženy | 6 | 4,42 | 1,5 | 4 | 4 | 1 |
| Pisoárové mísy pro muže | -- | -- | 1 | 3 | 3 | 0,83 |

Tabulka 7.5: Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy [1]

| Zařizovací předmět | Splachovací objem ¹⁾ q_o [litry] | |
|--|---|-----------------|
| | Velké spláchnutí | Malé spláchnutí |
| Záchodová mísa | 4 | 2 |
| | 4,5 | 3 |
| | 6 ²⁾ | 3 ²⁾ |
| | 8 | -- |
| | 9 ²⁾ | 3 ²⁾ |
| | 10 ²⁾ | 3 ²⁾ |
| Pisoárová mísa bez odsávání | 0,75 až 1,5 ³⁾ | -- |
| Pisoárová mísa s odsáváním | 2 až 4 | -- |
| ¹⁾ Splachovací objem se uvažuje přednostně podle konkrétního typu navrženého splachovače. ²⁾ Nejčastěji používané splachovací objemy. ³⁾ Podle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l. | | |

Tabulka 7.6: Potřeba vody pro zalévání a/nebo kropení [1]

| Způsob použití | Jedno použití (l · m ⁻²) | Roční potřeba (l · m ⁻² · rok ⁻¹) |
|---|---|---|
| Zalévání zahrady | 1,0 ¹⁾ | 60 ²⁾ |
| Kropení hřišť | 1,2 | 200 ²⁾ |
| Kropení zeleně | 1,0 | 80 až 200 ²⁾ |
| ¹⁾ Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část. ²⁾ Předpokládá se zalévání nebo kropení od dubna do září. | | |

7.5 ZJEDNODUŠENÉ POSOUZENÍ VYUŽITÍ ŠEDÉ A/NEBO SRÁŽKOVÉ VODY

Využití šedé vody je optimální, pokud platí vztah

$$Q_{prod} \geq Q_{24} \quad (7)$$

kde je

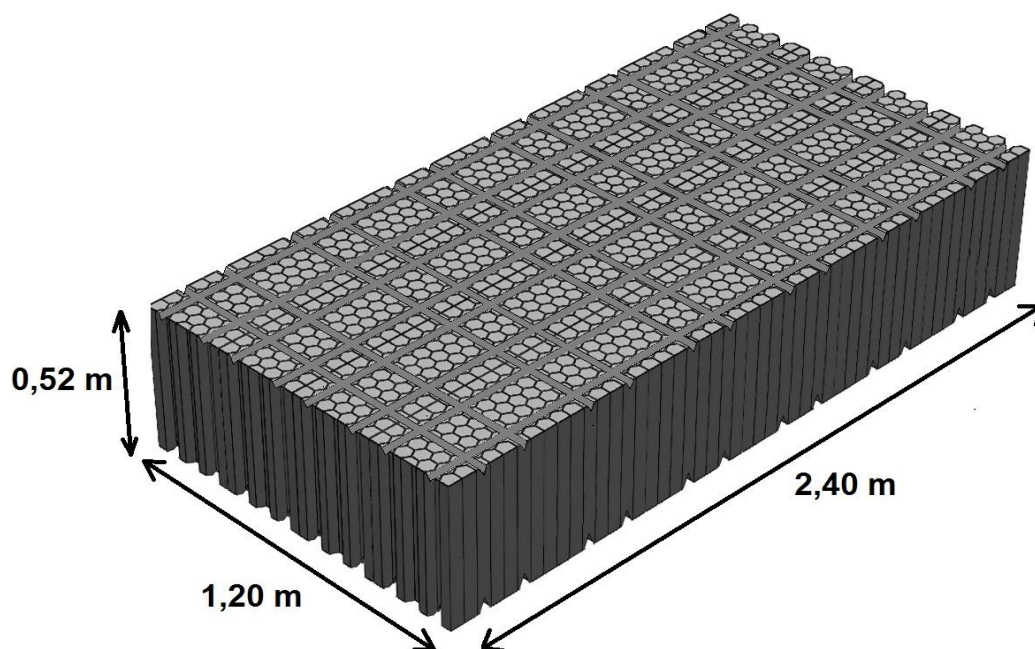
Q_{prod} denní objem vyprodukované šedé vody, v l · den⁻¹;

Q_{24} denní potřeba bílé vody, v l · den⁻¹.

1260 > 413 VYHOVUJE

Není potřeba využívat dešťové vody.

Dešťové vody se budou zasakovat pomocí AS-NIDAFLOW od firmy ASIO s.r.o., rozměry zasakovacího objektu jsou $2400 \times 1200 \times 520$ mm, viz obr. 7.1.



Obrázek 7.1: Zasakovací objekt AS-NIDAFLOW [Zdroj: ASIO s.r.o.]

Pro využití šedé vody byla zvolena ČOV AS-GW/AQUALOOP/ 18 také od firmy ASIO s.r.o., který má maximální denní nátok na ČOV 900l/den a objem akumulace 900 l, viz obr. 7.2. ČOV bude opatřena bezpečnostním přepadem ústícím do kanalizace pro přebytečný průtok.



Obrázek 7.2: Čistírna šedých vod AS-GW-AQUALOOP/ 18. [Zdroj: ASIO s.r.o.]

7.6 EKONOMICKÁ ROZVAHA

Ekonomická návratnost byla zpracována podle programu, který vznikl za podpory TAČR Využití šedých a dešťových vod v budovách. Výstupy z programu jsou uvedeny v příloze.

7.7 ZÁVĚR

Z ekonomické rozvahy vyplývá, že návratnost navrženého systému v pensionu U Černého psa je při současných cenách kolem 13 až 14 let. Tento systém je vhodný pro ekologicky smýšlejícího majitele.

8 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem rozebral možnosti využití šedé a dešťové vody. Nalezl jsem pouze jednu nevýhodu, a to možnost vzniku aerosolu v myčkách aut, kde v případě poruchy čistírny může dojít k úniku škodlivých látek do trysek, a vzniklý aerosol můžeme vdechnout. Ale jako všechny nehody se i tato dá vyčíslit pravděpodobností vzniku a je na zvážení, jaká ta pravděpodobnost je. Ostatní argumenty typu vzniku aerosolu při splachování mi připadají přehnané a riziko nákazy minimální. Druhý argument, na který jsem narazil je, že bílá voda používaná při vytírání podlah není 100% čistá. Myslím si, že voda v kbelíku po prvním vymáchání mopu při stírání je daleko znečištěnější než bílá voda.

Závěrem bych chtěl uvést, že dle mého názoru má využívání šedé a dešťové vody smysl, a to nejen v zemích, kde je nedostatek vody, ale i u nás, kde je vody relativní dostatek. Rozdíl je jen v důvodu, proč tyto vody využívat. U nás to bude hlavně důvod finanční, a to ve chvíli, kdy dojde ke zdražení vodného a stočného nad 100 Kč za m³, což nemusí dlouho trvat vzhledem k zastaralosti našich sítí a nutnosti jejich sanace. Taktéž zpoplatnění vypouštění dešťových vod ze střech do kanalizací.

Důležité je klást důraz na vhodnost a správnost zpracovaného projektu a zvláště u následné realizace dát pozor, aby nedošlo k záměně nebo spojení trubního vedení a vedení řádně označit. Dále je potřeba u projektu zvážit vhodnost využití šedých a dešťových vod podle typu objektu. Nejvhodnějšími objekty shledávám hotely, penziony a nákupní střediska, opatrnější bych byl při zvolení systému do nemocnic, kde jsou vypouštěné vody různorodějšího charakteru a především obsahují vyšší koncentrace různých léčiv a bakterií.

Téma kvality dešťových vod popisuje Dr. Reinhard Holländer, který prováděl měření více než 10 let. Nenašel žádné zásadní důkazy svědčící o nehygieničnosti dešťových vod. Můžeme říci, že přes všechen odpor zdravotních úřadů se obavy z nehygieničnosti nepotvrdily. Výsledky jsou zahrnuty v německé normě DIN 1989 (2002), která popisuje nezávadnost dešťových vod.

V projektu, který jsem v této práci řešil, se potvrdilo, že systém využití šedé a dešťové vody má optimální finanční návratnost 10 let při cenách vodného a stočného od 100 Kč za m³. Také se ukázalo, že systém je vhodný i pro objekty s menší potřebou bílé vody, ale návratnost při současných cenách je 13 až 14 let.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 75 6780. Využití vyčištěných šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Praha: ČNI, 2013.
- [2] British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010.
- [3] OŠLEJŠKOVÁ. Šedá voda ve zdravotní technice. [online]. 2011 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/7110-seda-voda-ve-zdravotni-technice>
- [4] PLOTĚNÝ. Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. [online]. 2012 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/9411-cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- [5] TOMÍŠEK. Principy a pravidla územního plánování. [online]. 2006 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/principy-a-pravidla-uzemniho-planovani/kapitolaC/C4-2012.pdf>
- [6] HUBER řešení pro opětovné použití šedé vody. HUBER. [online]. 2011 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.hubercs.cz/cz/reseni/opetovne-vyuziti-odp-vody/pouziti-sede-vody.html?PHPSESSID=f7391c83c35ff1d0357141dd49e547db>
- [7] PLOTĚNÝ. Dělení vod, bílé a šedé vody. [online]. 2011 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/1461-deleni-vod-bile-a-sede-vody>
- [8] KOŽÍŠEK. Šedé vody z pohledu hygienika a legislativy. [online]. 2012 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/sede_vody_SOVAK_2_2012.pdf
- [9] Membránová filtrace pro úpravu pitné vody. ASIO. [online]. 2011 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/52.membranova-filtrace-pro-upravu-pitne-vody>
- [10] MOSAIC HOUSE. [online]. 2010 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://mosaic-house.hotel.cz/>
- [11] BIELA. Možnosti úspory pitné vody v budovách. [online]. 2013 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/9833-moznosti-uspory-pitne-vody-v-budovach>
- [12] MOSAIC HOUSE. [online]. 2013 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.mosaichouse.com/cz/ekologie-v-praxi>

- [13] ENERGY AND RESOURCES SAVING. [online]. 2013 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.mosaichouse.com/pontos.html>
- [14] Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation (fbr). FBR - Information Sheet H 201. Greywater Recycling. Planning fundamentals and operation information. [online]. 2005 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.fbr.de/english0.html>
- [15] HOLLÄNDER. Hygienische Aspekte der Regenwassernutzung. Wassersirtschaft Wassertechnik. 2012, č. 11.
- [16] DVOŘÁKOVÁ. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění. [online]. 2007 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>

10 SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 4.1: Orientační hodnoty pro bakteriologické monitorování provozní (bílé) vody podle BS 8525-1 a rozdíl v hodnotách pro činnost, kde vzniká aerosol a kde aerosol nevzniká [2] | 27 |
| Tabulka 4.2: Hlavní provozní parametry membránových aktivačních procesů [1] | 32 |
| Tabulka 6.1: Chemické složení srážkové vody v ČR (Kostěnice 2004) [16] | 14 |
| Tabulka 6.2: Koncentrace bakterií na jeden ml zkoušené vody [15] | 15 |
| Tabulka 6.3: Koncentrace bakterií ve 100 ml zkoušené vody [15] | 16 |
| Tabulka 6.4: Detekce patogenů ve vodě splachovací nádržky [15] | 17 |
| Tabulka 7.1: Produkce šedé vody v různých budovách [1] | 42 |
| Tabulka 7.2: Dlouhodobý srážkový normál v České republice 1961-1990 [1] | 43 |
| Tabulka 7.3: Součinitelé využití srážkových povrchových vod ψ_d [1] | 44 |
| Tabulka 7.4: Počty použití záchodových a pisoárových mís [osoba/den] [1] | 45 |
| Tabulka 7.5: Splachovací objemy pro záchodové a pisoárové mísy [1] | 46 |
| Tabulka 7.6: Potřeba vody pro zalévání a/nebo kropení [1] | 46 |

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1.1: Prognóza dostupnosti vody[m ³] v roce 2025 [zdroj: Hlavínek, P.] | 10 |
| Obrázek 3.1: Průměrná spotřeba vody v domácnosti [4] | 20 |
| Obrázek 3.2: Schéma vnitřních rozvodů [7]..... | 21 |
| Obrázek 3.3: Možnosti umístění tepelného čerpadla [4] | 24 |
| Obrázek 3.4: Zapojení lokálního systému přehřevu vody [4] | 25 |
| Obrázek 4.1: Druhy membránové filtrace [9] | 30 |
| Obrázek 4.2: Desinfekce UV lampou v hotelu MOSAIC HOUSE [zdroj: Raclavský, J.].. | 33 |
| Obrázek 5.1: Hotel MOSAIC HOUSE v Praze | 35 |
| Obrázek 5.2: Dělení úsporných opatření v hotelu MOSAIC HOUSE [12]..... | 36 |
| Obrázek 5.3: Systém PONTOS AQUACYCLE | 37 |
| Obrázek 5.4: Hrubý filtr nečistot..... | 38 |
| Obrázek 5.5: Vnitřek nádrže s přehřevem UV a molitanovou drtí [zdroj: HOTEL MOSAIC] | 38 |
| Obrázek 5.6: Křivka hladiny za měsíc leden 2014 [13] | 39 |
| Obrázek 5.7: Křivka úspory energie za měsíc leden 2014 [13]..... | 40 |
| Obrázek 6.1: Tyfus a kanalizace v Berlíně [15] | 16 |
| Obrázek 6.2: E.coli a Koliformní bakterie v nádržích 1993-2004 [15]..... | 17 |
| Obrázek 6.3: Obsah bakterií v nádržích 1993-2004 [15] | 17 |
| Obrázek 7.1: Zásakovací objekt AS-NIDAFLOW [Zdroj: ASIO s.r.o.]..... | 47 |
| Obrázek 7.2: Čistírna šedých vod AS-GW-AQUALOOP/ 18 [Zdroj: ASIO s.r.o.], | 48 |

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | |
|--------------|--------------------------|
| ČOV | čistírna odpadních vod |
| OV | odpadní voda |
| ŠV, GW | šedá voda, grey water |
| GAC..... | granulované aktivní uhlí |
| TUV | teplá užitková voda |

13 SEZNAM PŘÍLOH

1. Schéma vedení dvojích rozvodů v pensionu
2. Ekonomická návratnost

14 SUMMARY

This paper analyzes the usage of grey and rain water in civic amenities. Its main goal is to assess the advantages and disadvantages of the grey and rain water and to dissect the problematic of rain water quality.

The topic of rain water quality was described by Dr. Reinhard Hollander, who had conducted his measurements for over 10 years. He did not find any significant proof showing rain water to be unsanitary. Therefore, we can say with confidence that despite any objections by health inspection bodies as to the cleanliness of water, these objections are not justified. The results are explained in the German norm DIN 1989 (2002), which speaks for the cleanliness of rain water.

This paper implies that using grey and rain water makes sense not only in the countries where there is a lack of water, but also in the Czech Republic, where there is a relative abundance of it. The only difference is the reason why to use this kind of water. In the Czech Republic, the reason would be predominantly economic - especially in the case where there is an increase in water and wastewater pricing that brings it up to above 100 Kc/m³. It is prudent to put emphasis on the suitability and correctness of the executed project and, especially when it comes to the implementation of the project, ensure that there is no pipe confusion or misconnection - and properly mark the distribution.

In order to reach its goal, the current paper will analyze the already applied system of using grey water, specifically in the case of MOSAIC HOUSE in Prague, which was the first in the Czech Republic and second in the world to use grey water for heat purposes.

In conclusion, this Bachelor's paper presents one object of civic amenities, specifically the guesthouse U Cerneho psa in Cesky Krumlov, with the proposal of grey water purifier by ASIO s.r.o. and grey water seepage object from the same company together with a projected balance sheet. The balance sheet implies that the system of using grey and rain water has an optimal ROI of 10 years with water and wastewater price being above 100 Kc/m³. At the current price, the ROI is 13 to 14 years.

15 PŘÍLOHOVÁ ČÁST